



Empresa Autorizada N-29/046
Apdo. de correos 41-Poligono Rancho Hermoso. Avda de las Salinas,s/n
Parcela B, 3-Bis- 29640 LOS BOLICHES - Fuengirola (MALAGA) SPAIN
OFICINA CENTRAL: Telefono: 952 46 50 21, FAX: 952 47 28 30
Email: info@europest.net --Webs: www.europest.net

NUEVAS TECNOLOGIAS Y SANEAMIENTO AMBIENTAL

Aplicación en Tratamiento de Agua TECNOLOGIA OXIDANTES MIXTOS-OM01

Reducción de los subproductos derivados de la desinfección

La utilización in-situ del Generador de Oxidantes Mixtos en el Tratamiento de Aguas.

Resumen.

La aprobación de la normativa Sobre Desinfectantes y Subproductos de desinfección D/DBP de la USEPA, obliga a la búsqueda de nuevos métodos para reducir la formación de DBPs y particularmente los TTHMs y HAA5. El generador insitu de Oxidantes Mixtos(OXMs) ha demostrado ser capaz de reducir los DBPs en una cantidad importante en los circuitos de agua de las instalaciones.

Las características de los Oxidantes Mixtos (MIOXs) contribuyen a la disminución de los DBPs, además favorecen la conservación del cloro residual con una dosificación reducida de los MIOXs, la reducción del biofilm, y reforzamiento del efecto de microfloculación.

Mientras que el uso de desinfectantes químicos para potabilizar el agua ha reducido drásticamente las enfermedades, éstos desinfectantes reaccionan con la materia orgánica en el agua , formando sub-productos derivados de la desinfección (DBPs) y que presentan riesgos para la salud.

El Cloroformo, los bromodiclorometanos, los dibromoclorometanos y el bromoformo, son todos componentes de los trihalometanos totales (TTHMs), que presente en el agua, puede causar problemas en el hígado, riñón, o en el sistema nervioso y también incrementa el riesgo de cáncer.





Empresa Autorizada N-29/046
Apdo. de correos 41-Poligono Rancho Hermoso. Avda de las Salinas,s/n
Parcela B, 3-Bis- 29640 LOS BOLICHES - Fuengirola (MALAGA) SPAIN
OFICINA CENTRAL: Telefono: 952 46 50 21, FAX: 952 47 28 30
Email: info@europest.net --Webs: www.europest.net

NUEVAS TECNOLOGIAS Y SANEAMIENTO AMBIENTAL

En 1979, la USEPA puso un límite de TTHMs de 100 microgramos por litro ($\mu\text{g}/\text{l}$) para los sistemas de distribución de más de 10.000 personas, definidos por “sistemas de agua para grandes superficies”.

Con las correcciones introducidas en la “Safe Drinking Water Act” (SDWA) en 1996 se intento equilibrar los riesgos entre los microbios patógenos y DBPs con la puesta en marcha de la Fase 1 de las Normas de Desinfectantes /Desinfección y Derivados (D/DBP). En estas normas se rebaja el límite permisible para los TTHMs a $80 \mu\text{g}/\text{L}$ y establece un nuevo límite para los cinco ácidos haloacéticos (HAA5) a $60 \mu\text{g}/\text{L}$. Estos límites afectarán a todos los sistemas públicos de abastecimiento de agua que agregan un desinfectante, sin tener en cuenta el control de la dosificación. La Norma entró en vigor en enero de 2002 para los sistemas de agua para grandes superficies y de aplicación en enero de 2004 para agua de pozo y sistemas pequeños de abastecimientos (1). Oxidantes mixtos: una alternativa Una iniciativa que pretende reducir los DBPs, es el uso de Oxidantes Mixtos (MIOXs) como desinfectante.

La generación in-situ de una solución de Oxidantes Mixtos (MIOXs) que contiene principalmente ácido hipocloroso, se utiliza un proceso similar a la generación in-situ de hipoclorito. Se genera a través de una célula electrolítica de diafragma, una solución de salmuera y agua, se aplica una corriente eléctrica y se produce la solución oxidante.

El tipo electrolítico, la célula y los parámetros de operación, determinan la formación del hipoclorito estándar o la formación de oxidantes mixtos.

Numerosas instituciones han certificado que los oxidantes mixtos inactivan incluso a los microorganismos resistentes al cloro, siendo muchísimo más efectivo que el ozono y el dióxido de cloro.

La solución de Oxidantes Mixtos, también deja un cloro residual perdurable en el sistema de distribución de agua; sin embargo, por el hecho de tener presencia de cloro en la solución de, ocurrirá la formación de **DBPs**.

Aunque la comprobación de varias instalaciones, muestra unas reducciones de **DBPs** de un 50 %. Dependiendo del nivel de materia orgánica existente en el agua , los Oxidantes Mixtos pueden ser una alternativa viable para la reducción de **DBPs** mientras que además proporciona los requisitos del cloro residual.





Empresa Autorizada N-29/046
Apdo. de correos 41-Poligono Rancho Hermoso. Avda de las Salinas,s/n
Parcela B, 3-Bis- 29640 LOS BOLICHES - Fuengirola (MALAGA) SPAIN
OFICINA CENTRAL: Telefono: 952 46 50 21, FAX: 952 47 28 30
Email: info@europest.net --Webs: www.europest.net

NUEVAS TECNOLOGIAS Y SANEAMIENTO AMBIENTAL

Oxidantes mixtos: la química

Los otros componentes a parte del cloro existente en la solución de Oxidantes Mixtos, no han sido directamente verificados debido a la complejidad química y las interferencias de los múltiples oxidantes.

Los métodos de laboratorio clásicos para la detección de oxidantes no funcionan correctamente cuando la presencia es principalmente de compuestos clorados; así, los estudios con Oxidantes Mixtos han descubierto sólo cloro al usar los métodos convencionales (2).

Varias actuaciones con los componentes clorados, demuestran que la solución contiene otros componentes cloro-oxigenados más allá del cloro libre disponible.

Los siguientes componentes pueden formarse potencialmente cuando sal (NaCl) y agua (H₂O) se combina en la célula de electrólisis con diafragma.

En el ánodo con pH bajo:

- Ácido Hipocloroso (HOCl),
- Dióxido de Cloro (ClO₂),
- Ozono (O₃),
- Cloro (Cl₂),
- Oxígeno (O₂), y
- Varios radicales hidroxilos (OHO⁻, OH⁺).

En el cátodo con pH alto:

- Hipoclorito de sodio (NaOCl),
- Hidróxido de sodio (NaOH), e
- Hidrógeno gas (H₂).

Aunque el fabricante de los generadores no hace mención sobre que estos componentes estén presentes en la solución, el potencial de voltaje aplicado, es el suficiente para su formación. Si se han formado, estos componentes individuales pueden ser recombinados con otros componentes cloro-oxigenados.

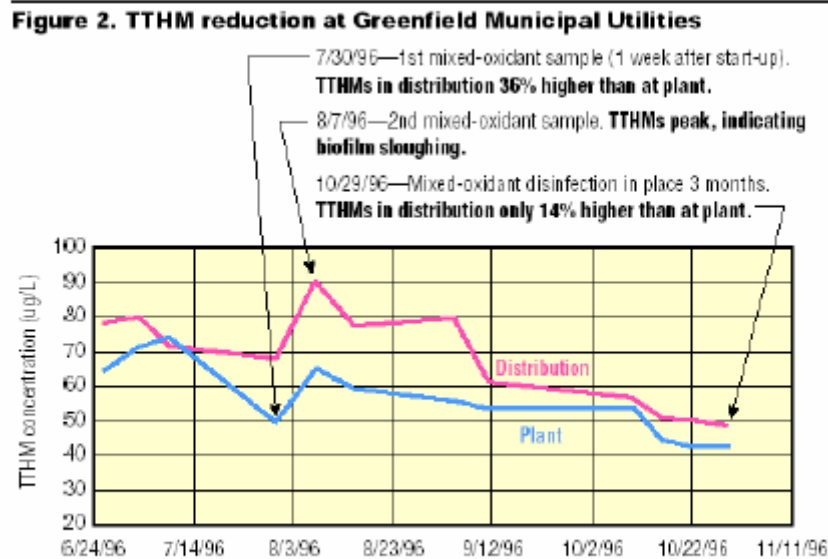




Empresa Autorizada N-29/046
 Apdo. de correos 41-Poligono Rancho Hermoso. Avda de las Salinas,s/n
 Parcela B, 3-Bis- 29640 LOS BOLICHES - Fuengirola (MALAGA) SPAIN
 OFICINA CENTRAL: Telefono: 952 46 50 21, FAX: 952 47 28 30
 Email: info@europest.net --Webs: www.europest.net

NUEVAS TECNOLOGIAS Y SANEAMIENTO AMBIENTAL

Aunque la química de la solución de oxidantes mixtos es compleja y no completamente conocida, la evidencia biológica es indiscutible. La evidencia más impresionante para los compuestos oxidantes es la habilidad de la solución de oxidantes mixtos para inactivar los organismos cloro-resistentes, como el *Cryptosporidium parvum* oocysts (3) o para lograr substancialmente un alto nivel de inactivación de otros microorganismos a una dosis más baja y un tiempo de contacto más corto que el requerido con el hipoclorito.



La gran capacidad para la eliminación de una multitud de microorganismos al usar la solución de Oxidantes Mixtos ha sido demostrada por varias Instituciones y Universidades.

Otro indicador importante de la presencia de otros oxidantes además del cloro en la solución de oxidantes mixtos es la reducción de **TTHMs** y **HAA5**, como se demostró en varios sistemas de distribución de agua que reemplazaron el cloro convencional con la tecnología de oxidantes mixtos. Aunque este fenómeno no se observó en todos los sitios, ninguna instalación presentó los niveles de **DBPs** con Oxidantes Mixtos por encima de los niveles producidos por el cloro.





Empresa Autorizada N-29/046
Apdo. de correos 41-Poligono Rancho Hermoso. Avda de las Salinas,s/n
Parcela B, 3-Bis- 29640 LOS BOLICHES - Fuengirola (MALAGA) SPAIN
OFICINA CENTRAL: Telefono: 952 46 50 21, FAX: 952 47 28 30
Email: info@europest.net --Webs: www.europest.net

NUEVAS TECNOLOGIAS Y SANEAMIENTO AMBIENTAL

De hecho, en la gran mayoría de las instalaciones con Oxidantes Mixtos, los **TTHMs** y **HAA5** se ven reducidos en un 30-50 % comparados con los niveles que se forman con el uso de cloro (vea Figura 2).

Teorías de las diferencias entre las dos opciones de funcionamiento.

Se ha observado importantes diferencias de funcionamiento entre los Oxidantes Mixtos y el cloro en dos laboratorios de ensayo y las pruebas en campo realizadas, aunque sólo el cloro se pueda medir en la solución de Oxidantes Mixtos. Hay varias teorías propuestas para la explicación de la reducción de **DBPs** con los Oxidantes Mixtos en comparación con el hipoclorito. Estas teorías incluyen la reducción de biofilm, un mejor cloro residual con una dosificación más reducida, y microfloculación para eliminar las materias.

Reducción de Biofilm.

Existe la evidencia que la facilidad de los Oxidantes Mixtos para reducir el biofilm y algas en los sistemas de distribución y clarificadores. El crecimiento biológico capaz de sobrevivir al cloro como desinfectante es rápidamente eliminado después de la dosificación con Oxidantes Mixtos. Después de los primeros meses de la instalación de un generador de **OXMs** en un sistema de distribución, se debe realizar una limpieza para eliminar los lodos y restos desprendidos hasta que el sistema se estabilice.

Una vez más allá del proceso de estabilización, las superficies permanecen libres de biofilm o algas con tal de que se mantenga la utilización de oxidantes mixtos.

Un último efecto es la reducción de materia orgánica disponible al reaccionar con cloro, reduciendo así la formación de **DBPs**.

La eliminación de biofilms en el sistema de distribución no incrementa los niveles de **DBPs** en la red de distribución, no es substancialmente más alto que los niveles observados en la planta del tratamiento. Datos de un estudio hecho por H.R., Ingeniero especialista en Química Verde, demuestran estos efectos (6). Después de más de tres meses de estudio utilizando Oxidantes Mixtos en la desinfección, los niveles de **TTHMs** en la red de distribución decrecen más rápidamente que los niveles en la planta. Cuando se pasó el primer sistema a ser utilizado con Oxidantes Mixtos, los **TTHMs** en la red de distribución estaban en un 36 % más alto que el nivel en la planta.





Empresa Autorizada N-29/046
Apdo. de correos 41-Poligono Rancho Hermoso. Avda de las Salinas,s/n
Parcela B, 3-Bis- 29640 LOS BOLICHES - Fuengirola (MALAGA) SPAIN
OFICINA CENTRAL: Telefono: 952 46 50 21, FAX: 952 47 28 30
Email: info@europest.net --Webs: www.europest.net

NUEVAS TECNOLOGIAS Y SANEAMIENTO AMBIENTAL

Después de tres meses de funcionamiento en continuo, los **TTHMs** en la red de distribución permanecen sólo en un 14 % más alto que en la planta. La reducción total que se obtuvo de los **TTHMs** en la red de distribución fue dos veces mayor que en la planta.

La reducción de biofilm también se observó en “Aguas de Suministro de Diana Corporación”, Texas donde dos tuberías necesitaron reparación simultánea. En ese momento, se usó gas cloro para desinfectar una línea y los **MIOXs** fueron usados para desinfectar la otra línea. En la línea desinfectada con cloro tenía biofilm a sólo 15 metros de la estación de desinfección.

El punto de inyección en la línea con Oxidantes Mixtos se realizó a 400 metros de la estación de desinfección, para más expectativa era la línea más contaminada. Al contrario, la tubería expuesta a los Oxidante Mixtos estaba limpia (vea Figura 3), como si nunca se hubiera usado. Las aguas de ambas tuberías eran del mismo acuífero y se instalaron ambas líneas hace décadas.



Mejor residual a dosis más baja.

El cloro libre disponible (**FAC**) residual de los Oxidantes Mixtos es más resistente que el **FAC** residual de la cloración tradicional. El residual de los Oxidantes Mixtos (**FAC**) puede soportar unas distancias muy largas y puede quedarse en las líneas por un periodo más largo de tiempo. Esto probablemente se relaciona con la eliminación de sustancias como biofilm que crea una demanda de oxígeno dentro del sistema de distribución.

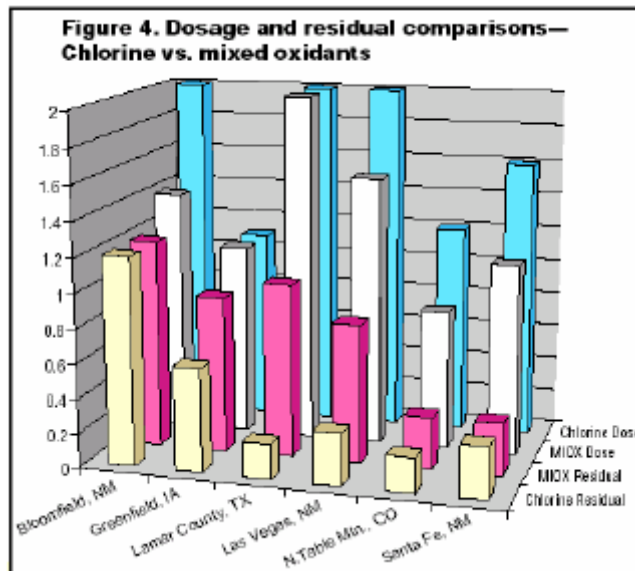




Empresa Autorizada N-29/046
 Apdo. de correos 41-Poligono Rancho Hermoso. Avda de las Salinas,s/n
 Parcela B, 3-Bis- 29640 LOS BOLICHES - Fuengirola (MALAGA) SPAIN
 OFICINA CENTRAL: Telefono: 952 46 50 21, FAX: 952 47 28 30
 Email: info@europest.net --Webs: www.europest.net

I+D

NUEVAS TECNOLOGIAS Y SANEAMIENTO AMBIENTAL



Correspondientemente, en el tratamiento en la planta se observa una reducción en las dosis requeridas en la planta para mantener el mismo residual al final de la línea. Después de que el sistema de distribución se haya estabilizado, la mayoría de los usuarios de Oxidantes Mixtos informan de una reducción del 30 % en la dosificación en el agua potable del tanque o del depósito de agua filtrada, usando el lavado a contracorriente del filtro. Un efecto secundario de la reducción de la dosificación es una disminución correlativa en la formación de **DBPs**. Además el cloro requerido ha disminuido, hay menos cloro en el sistema con el que puede reaccionar con la materia orgánica

Microfloculación.

La microfloculación se define como la floculación reforzada y que produce una reducción en la demanda de coagulante para el mismo grado de turbiedad (agua filtrada) o una reducción en la turbiedad final con la misma demanda de coagulante. Un proceso de clarificación demostrará una mejora en la reducción de la turbiedad, en la formación de **DBPs**. y en la adición de productos químicos como alúmina y polímero (Ver Tabla 1) . Reforzando el proceso de la coagulación, logramos la eliminamos de la mayor parte de la materia, precursora de la formación de **DBPs**.





Empresa Autorizada N-29/046
 Apdo. de correos 41-Poligono Rancho Hermoso. Avda de las Salinas,s/n
 Parcela B, 3-Bis- 29640 LOS BOLICHES - Fuengirola (MALAGA) SPAIN
 OFICINA CENTRAL: Telefono: 952 46 50 21, FAX: 952 47 28 30
 Email: info@europest.net --Webs: www.europest.net

I+D

NUEVAS TECNOLOGIAS Y SANEAMIENTO AMBIENTAL

Varias instalaciones que usan los Oxidantes Mixtos en el pre-tratamiento, han informado del efecto de la microfloculación y de una reducción de los **TTHMs** y **HAA5** no conseguido en la cloración tradicional (Ver Figura 4). De hecho, estas instalaciones eran incapaces de tratar con cloro en el pre-tratamiento debido a la excesiva formación de **TTHMs**.

Aunque se están agregando más Oxidantes Mixtos debido a un doble punto de inyección, se ve una disminución global en formación de **DBPs**, como se ilustra en la Figura 2.

TABLA1.- Efectos sobre la Microfloculación por el uso de Oxidantes Mixtos

Ciudades	Reducción Consumo de coagulante			Reducción de Turbidez en el Efluente		
	Dosis Inicial	Dosis Standard	% Reducción	Niveles Iniciales	Niveles Standard	% Reducción
Crossville	90 gpd	70 gpd	22	N/A		
Greenfiels	14.7 mg/l	8.9 mg/l	40	0.107 ntu	0.065 ntu	39
Las Vegas	10.5 mg/l	7.5 mg/l	29	0.07 ntu	0.03 ntu	57
Midwestersite	Datos no disponibles			2.0 ntu	0.4 ntu	80
Santa Fé	90 mg/l	54 mg/l	40	0.60 ntu	0.18 ntu	70

Conclusión.

Cuando la USEPA ponga en vigor la aplicación del nuevo límite de los **DBPs**, las empresas de servicios necesitarán investigar la mejor tecnología para su abastecimiento. Hay diferencias de comportamiento entre las tecnología de los Oxidantes Mixtos y del cloro, incluyendo una gran capacidad germicida, principalmente es la disminución en la formación de **DBPs**, indicando que la solución de los Oxidantes Mixtos es mucho más eficaz que el uso del hipoclorito generado in situ.

Existe un gran número de pruebas sobre la disminución en la formación de **TTHM** y **HAA5**, incluso de la eliminación de biofilm, de un mejor cloro residual con una dosificación reducida así como un refuerzo de la microfloculación facilitando la eliminación de la materia orgánica. Estas explicaciones son apoyadas por las evidencias operacionales de las numerosas instalaciones en campo.





Empresa Autorizada N-29/046
Apdo. de correos 41-Poligono Rancho Hermoso. Avda de las Salinas,s/n
Parcela B, 3-Bis- 29640 LOS BOLICHES - Fuengirola (MALAGA) SPAIN
OFICINA CENTRAL: Telefono: 952 46 50 21, FAX: 952 47 28 30
Email: info@europest.net --Webs: www.europest.net

NUEVAS TECNOLOGIAS Y SANEAMIENTO AMBIENTAL

Entre las pautas de aplicación para la **Fase 1 de las normas D/DBP de la USEPA** se describe como una **Mejor Tecnología Disponible (BAT)** para los usuarios de cloro, cloraminas y dióxido de cloro, “el control de procesos del tratamiento para reducir la demanda de desinfectante y control del tratamiento del proceso de la desinfección para reducir los niveles de desinfectantes.” (12)

El uso solo de los Oxidantes Mixtos, sin el uso de otros productos químicos o de técnicas de tratamiento, muestra la reducción de ambos, demanda de desinfectante y del uso de cualquier producto químico.

Aunque las técnicas analíticas actuales pueden detectar sólo cloro en la solución de Oxidantes Mixtos, el cloro solo, no se puede ser capaz de la eliminación de los biofilm, reducir las dosis y niveles más bajos de **DBPs** según ratifican los informes de las desinfecciones con Oxidantes Mixtos en las instalaciones. Las mejoras operacionales de tratamiento obtenidas con los Oxidantes Mixtos están bien documentadas y se deben tener en cuenta por parte de cualquier centro que quiera implantar o rediseñar su proceso de desinfección.

Referencias.

1. U.S. Environmental Protection Agency, Office of Water, “Stage 1 Disinfectants and Disinfection Byproducts Rule,” (4607), *EPA 815-F-98-010*, December 1998.
2. Gordon, G., *Electrochemical Mixed-Oxidant Treatment: Chemical Detail of Electrolyzed Salt Brine Technology*, Miami University, Oxford, Ohio, pp. 39-40, May 1998.
3. Venczel, L., et al., “Inactivation of *Cryptosporidium parvum* Oocysts and *Clostridium perfringens* Spores by a Mixed-Oxidant Disinfectant and by Free Chlorine,” (University of North Carolina and Centers for Disease Control and Prevention), *Applied and Environmental Microbiology*, Vol. 63, No. 4., pp. 1598-1601, April 1997.
4. Interview with Frank Armijo, Plant Manager for City of Las Vegas, N.M., Nov. 14, 2000.





Empresa Autorizada N-29/046
Apdo. de correos 41-Poligono Rancho Hermoso. Avda de las Salinas,s/n
Parcela B, 3-Bis- 29640 LOS BOLICHES - Fuengirola (MALAGA) SPAIN
OFICINA CENTRAL: Telefono: 952 46 50 21, FAX: 952 47 28 30
Email: info@europest.net --Webs: www.europest.net

NUEVAS TECNOLOGIAS Y SANEAMIENTO AMBIENTAL

5. Memorandum from Jackson Brownfield, S.O.S. Inc., Cleveland, Tenn., RE: Crossville Data, March 23, 2001.
6. Duben, M., *Pilot Study Final Report: Mixed-Oxidant Disinfection System at Greenfield, Iowa*, Howard R. Green Company Consulting Engineers, Cedar Rapids, Iowa, Dec. 5, 1996.
7. Herrington, R., et al., "Performance of a Conventional Surface Water Plant Using Mixed Oxidants for Microflocculation and Final Disinfection," MIOX Corp., Albuquerque, N.M., presented at AWWA Exposition, Denver, June 1999.
8. Memorandum from Rick Jeschke, District Engineer and Manager to the North Table Mountain Water and Sanitation District Board of Directors, July 7, 2000.
9. Interview with Cas Ruybalid, Engineer for the City of Bloomfield, N.M., June 1, 1999.
10. Herrington, R., et al., *Pilot Study Report: Mixed-Oxidant Disinfection System at Greenfield, Iowa*, MIOX Corp., Albuquerque, N.M., p. 4, September 1997.
11. Shapard, R. "Swamp Things: Handling local wetlands issues," *American City & County*, Atlanta, November 1997, http://americacityandcounty.com/ar/government_swamp_things_handling/index.htm
12. U.S. Environmental Protection Agency, Office of Water, "Implementation Guidance for the Stage 1 Disinfectants/Disinfection Byproducts Rule," (4606), *EPA 816- R-01-012*, June 2001.





Empresa Autorizada N-29/046
Apdo. de correos 41-Poligono Rancho Hermoso. Avda de las Salinas,s/n
Parcela B, 3-Bis- 29640 LOS BOLICHES - Fuengirola (MALAGA) SPAIN
OFICINA CENTRAL: Telefono: 952 46 50 21, FAX: 952 47 28 30
Email: info@europest.net --Webs: www.europest.net

NUEVAS TECNOLOGIAS Y SANEAMIENTO AMBIENTAL

Factores positivos de los Oxidantes Mixtos.

- **Inactivación de Microorganismos**

Inactivación de microorganismos entre 1 a 4 log₁₀ más que el cloro. El Centro de Control de Enfermedades (CDC) constata la inactivación *del Cryptosporidium* con oxidantes mixtos por > 3.5 log 10 (> el 99.95 %), comparando la eficacia utilizando hipoclorito a bases iguales.

- **Eliminación del Biofilm**

Elimina del sistema de distribución el biofilms y previene de nuevo su crecimiento.

- **Baja Formación TTHM**

Reduce la formación TTHM en el 20 % al 50 % en todas partes del sistema de distribución.

- **Mantenimiento del Cloro Residual**

Reduce la dosis de cloro inicial hasta en un 30 % después de que el sistema se estabilice.

Mantiene un residual más allá de lo que cloración tradicional es capaz de alcanzar.

- **Reforzando la Microfloculación**

Alcanza un microfloculación similar a la obtenida con ozono solo. Puede reducir el consumo de coagulante hasta en un 40 %, aumenta la duración de los filtros y reducir el manejo de lodo cuando es utilizado en el pretratamiento.

- **Oxidación de Hierro y Manganeseo**

Oxido de hierro y de manganeseo, generan una precipitación en fase sólida que puede ser eliminada por la filtración.





Empresa Autorizada N-29/046
Apdo. de correos 41-Poligono Rancho Hermoso. Avda de las Salinas,s/n
Parcela B, 3-Bis- 29640 LOS BOLICHES - Fuengirola (MALAGA) SPAIN
OFICINA CENTRAL: Telefono: 952 46 50 21, FAX: 952 47 28 30
Email: info@europest.net --Webs: www.europest.net

NUEVAS TECNOLOGIAS Y SANEAMIENTO AMBIENTAL

- **Oxidación de Sulfhidrico**

Oxida el sulfhidrico sin crear sabor ni olor gusto y el olor y sin necesidad de satisfacer la demanda de cloro del agua.

- **Oxidación de Amoníaco en Dosis de Sub-breakpoint**

Causas desnitrificación de las aguas que contienen amoníaco y cloraminas en dosis por debajo de los límite de dosificación clásica de cloro.

- **Mejora del Gusto y Olor**

No transmite ningún gusto a cloro hasta con un residual de 3 mg/l. No reacciona para formar tricloro aminas. Evita problemas asociados.

