

**Resumen**

La tecnología de bioreactores de membrana presenta una serie de importantes ventajas con respecto a las tecnologías convencionales: calidad del agua tratada, menor producción de fangos, menor requerimiento de espacio, etc. Para valorar su implantación, en cada caso concreto, conviene realizar un balance técnico-económico completo (superficie, reutilización, operación, mantenimiento, etc.) para así elegir la configuración más apropiada (externa o sumergida), que dependerá principalmente del caudal y la concentración del agua residual a tratar. De este modo, los costes de implantación y de operación (incluido el recambio de membranas) resultan competitivos tanto para las aguas industriales como urbanas.

**Palabras clave:**

Bio-reactor de membranas, reutilización, ultrafiltración, módulo externo/sumergido.

**Abstract****Technical and economic balance for membrane bioreactor technology's implementation**

Comparing with conventional technologies, the membrane bioreactor has a lot of important advantages: effluent quality, decreased sludge production, less space requirement, etc. In order to establish the technology, it is completely necessary to do a hole balance (small footprint, reusing, running-cost, maintenance, etc.) and to choose between the most appropriate membrane configuration (external or submerged), which will depend mainly on the flow and organic matter concentration on wastewater. That is the way in which capital cost and running cost (including membrane replacement) became competitive in both urban and industrial wastewaters.

**Keywords:**

Membrana bioreactor, reuse, ultrafiltration, external/submerged configuration.

# Criterios técnico-económicos para la implantación de la tecnología de bioreactores de membrana

Por: **Javier Lopetegui Garnika (\*)**, **Emmanuel Trouvé (\*\*)**

**(\*) Asistencia Tecnológica Medioambiental (ATM)**

Departamento de I+D  
Epele Bailara, 29  
20120 Hernani (Guipúzcoa)  
E-mail: jlopetegui@atmsa.com

**(\*\*) Rhodia-Orelis Francia**

Director comercial  
5, chemin du Pilon. Saint-Maurice-de-Beynost  
01708 Miribel Cedex (Francia)  
E-mail: emmanuel.trouve@eu.rhodia.com

**1. Introducción**

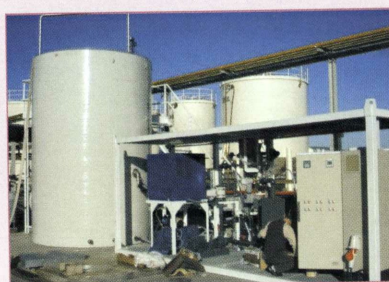
**L**a cada vez más restrictiva legislación ambiental de la UE está generando una necesidad creciente de sistemas capaces de eliminar porcentajes muy elevados de materia orgánica (DQO), nitrógeno y fósforo [1, 2].

Por otro lado, cada vez se dispone de menos espacio para la instalación de sistemas de depuración de aguas residuales debido al crecimiento urbano periférico en torno a espacios industriales ya existentes.

Por esto, el sector de tratamiento de aguas residuales está tendiendo

cada vez más al desarrollo de tecnologías avanzadas con elevadas tasas de depuración, es decir, reducción del cociente superficie requerida/kgDQO eliminada.

En este contexto, la tecnología de Bioreactores de Membrana (MBR) aparece como la tecnología disponible más adecuada (**Figura 1**). Se compone de dos partes integradas en una sola: por un lado, el reactor biológico responsable de la depuración biológica y por otro, la separación física de la biomasa y el agua mediante un sistema de filtración directa con membranas.



**Figura 1.** Detalles de bioreactores de membranas instalados por ATM. Izda.: vista MBR, sector químico. Drcha.: detalle del módulo de UF, sector agroalimentario.



La integración de los dos procesos en uno solo tiene, además, un efecto sinérgico derivado de la influencia que el paso por las membranas tiene sobre el estado fisiológico de la biomasa, por un lado, y de la mayor capacidad del sistema para eliminar DQO coloidal que al no atravesar la membrana tiene un tiempo de contacto mucho mayor con la biomasa, por otro.

Pero la gran ventaja de los sistemas MBR se deriva de las elevadas concentraciones de biomasa con las que se trabaja en el reactor biológico, gracias a la presencia de una barrera física (membrana) que no deja escapar las bacterias, lo que permite un control perfecto sobre la edad del fango y los parámetros principales de operación del sistema.

Una vez seleccionada la tecnología MBR como la más adecuada para un proyecto concreto, conviene reflexionar sobre la configuración más adecuada según un criterio técnico-económico.

## 2. Bioreactor de membranas frente a tecnologías convencionales

El balance económico es favorable a los MBRs si se tienen en cuenta una serie de ventajas importantes, al margen de la excelente calidad de agua tratada que se consigue.

De este modo, la tecnología MBR es especialmente competitiva cuando aparece alguno de los siguientes condicionantes:

- Necesidad de disminuir la producción de fangos biológicos (hasta un 80%).
- Necesidad de un grado de depuración elevado: vertido a cauce público, zonas sensibles o pago de un canon de vertido elevado.
- Reutilización: la reutilización puede venir impuesta por la escasez de agua de la zona o puede suponer un valor añadido importante a considerar. Las variables aquí van a ser el precio del metro cúbico de agua fresca o las subvenciones por reutilización.
- Disponibilidad de espacio.

- Ampliación de la capacidad de tratamiento de plantas convencionales ya existentes.
- Efluentes industriales con componentes de difícil o lenta biodegradabilidad. La tecnología MBR permite llegar a depurar materia orgánica considerada inerte para otro tipo de tecnologías más convencionales.

No existe una forma universal y única de acoplamiento entre un reactor biológico y la separación líquido/sólido. Tampoco existe un tipo de MBR claramente superior a otro.

Existen en el mercado multitud de opciones cuya elección dependerá de los requerimientos del cliente según un criterio técnico/económico.

Una de las cuestiones principales dentro de la tecnología de bioreactores de membranas es la elección entre membranas sumergidas dentro del reactor biológico o externas, colocadas de forma independiente al mismo (Figura 2).

## 3. Selección de la configuración más apropiada de MBR

A la hora de decidir hay que considerar el coste global (inversión, explotación) de la solución y su durabilidad (mantenibilidad, capacidad de evolución, producción de fangos, averías...). En consecuencia, los puntos clave pueden ser:

- Inversión:
  - Equipos electromecánicos.

- Tratamiento de los fangos biológicos producidos.
- Ampliación futura de la capacidad de tratamiento.
- Tamaño de la instalación.
- Integración en el medio y gestión de ruidos.
- Vida media de las obras y equipos.
- Explotación:
  - Fiabilidad.
  - Mano de obra necesaria para el seguimiento normal.
  - Energía.
  - Recambio de membranas y equipos.
  - Mantenimiento.
  - Reactivos.
  - Costes de bombeo y tratamiento de fangos.

### 3.1. Impacto sobre la inversión

#### 3.1.1. Equipos electromecánicos

Uno de los costes importantes en un MBR es el debido propiamente al sistema de filtración. Puede decirse que el coste del sistema de filtración (incluidas bombas, tuberías e instrumentación asociadas) oscila entre un 10 y un 35% del total de la instalación para el tratamiento biológico. Este coste es variable y depende fundamentalmente de:

- Factores de dimensionado del módulo: origen y composición del agua residual y temperatura.
- Factores de diseño de las membranas: material, composición,

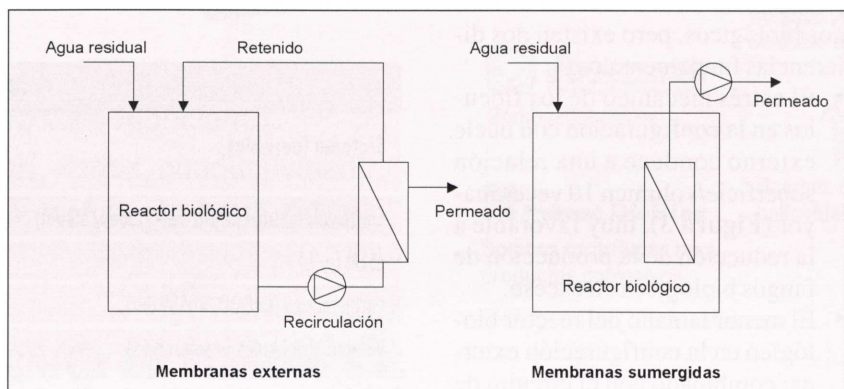


Figura 2. Esquema básico del funcionamiento de un bioreactor de membranas.



configuración, tratamientos adicionales, etc.

No obstante, existe una variación considerable de precios que tiene su origen entre otras, en las siguientes causas: el incremento casi exponencial de la demanda de membranas para sistemas MBR en los últimos años ha hecho que los fabricantes de membranas pasen de una fabricación casi artesanal a otra más industrial. Además, la expansión de muchos fabricantes de membranas hacia otros países se ha hecho con la política de venta de todo el sistema de tratamiento de aguas y no sólo de las membranas, por lo que el precio final resultante ha sido en muchos casos insostenible.

### 3.1.2. Tratamiento de fangos biológicos producidos

Los sistemas MBR pueden llegar a producir entre un 50 y un 80% menos fango que un sistema convencional. Esto es debido a las condiciones de operación con las que se puede operar el MBR, pudiendo alcanzar condiciones endógenas extremas, con edades del fango por encima de 100 días y nulo crecimiento neto de biomasa [3, 4, 5].

La menor producción de fangos redundará en una reducción del tratamiento y gestión de los mismos, incluyendo una cantidad de mano de obra considerable.

Las dos configuraciones de bio-reactor de membranas permiten jugar con los parámetros biológicos (edad del fango, carga másica, etc.) para reducir la producción de fangos biológicos, pero existen dos diferencias fundamentales:

- El estrés mecánico de los flóculos en la configuración con bucle externo conduce a una relación superficie/volumen 10 veces mayor (Figura 3), muy favorable a la reducción de la producción de fangos biológicos en exceso.
- El menor tamaño del reactor biológico en la configuración externa, combinado con el circuito de recirculación lleva a un incre-

mento de la temperatura en el biológico igualmente favorable a la disminución de la producción de fangos.

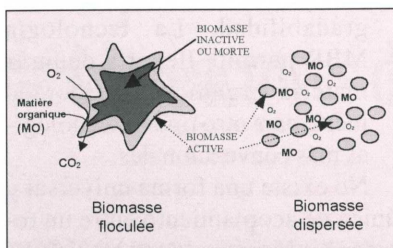


Figura 3. Diferencias entre biomasa floculada (MBR sumergido) y biomasa dispersa (MBR externo) en cuanto a la relación superficie/volumen.

Las dos configuraciones requieren pretratamientos adecuados para evitar dañar las membranas con partículas sólidas, para evitar bloquear los espacios intermembranales (flo-tantes, fibras, etc.) y, en función del material de membrana elegido, para evitar ataques químicos (solventes, etc.): los subproductos generados en este pretratamiento son producidos en cantidades muy bajas y siguen normalmente la línea de gestión ya existente.

### 3.1.3. Ampliación futura de la capacidad de tratamiento

Las dos configuraciones de MBR son adecuadas para la ampliación de la capacidad de tratamiento de plantas ya existentes.

No obstante, la ampliación de un módulo externo no depende de la capacidad del reactor biológico o del tanque donde vayan sumergidas las membranas.

### 3.1.4. Tamaño de la instalación

En el coste de implantación habrá que tener en cuenta la reducción de volumen (y superficie normalmente) que se consigue con un MBR, que puede ser hasta 5 veces en el caso de compararlo con un tratamiento convencional (Tabla 1).

Las dos configuraciones de MBR conducen a una reducción significativa del área necesaria para la implantación de la instalación (supresión del decantador secundario y reactor biológico de 2 a 5 veces más pequeño).

A nivel de proceso, un MBR con membranas sumergidas presenta una limitación más acusada con respecto a la concentración de sólidos (y biomasa) en el reactor biológico. De hecho, diversos estudios [6, 7] hablan de un máximo de 12.000 mg/L de SSLM para poder mantener un flujo de operación razonable (12 l/m<sup>2</sup>h de media). Esto supone en definitiva que las cargas orgánicas de trabajo en un sistema sumergido son mucho menores que las de un sistema con membranas externas (Tabla 1) donde se alcanzan fácilmente concentraciones de hasta 35.000 mg/L [8].

### 3.1.5. Integración en el medio y gestión de ruidos

Los MBR pueden estar ubicados muy cerca de áreas residenciales, en terrenos con muy poca superficie, lo que genera además un ahorro significativo en conducciones hasta instalaciones situadas en la periferia.

Tabla 1

Sistema (aerobio)	Fangos Activos	MBR sumergido	MBR externo
Carga volumétrica (kgDQO eliminada/m <sup>3</sup> día)	0,6-0,9	1-3	1,8-10
SSLM (g/L)	2,5-3,5	4-12	7-40
Carga másica (kgDQO/kgSSV día)	0,25	0,25	0,25
Volumen (unidades de referencia)	5	2	1

Tabla 1. Comparación genérica entre volúmenes necesarios en las tecnologías de fangos activos y bioreactor de membranas para una misma carga orgánica a tratar.



La compacidad de las instalaciones facilita el tratamiento arquitectónico, pero la configuración en bucle externo además, con un menor tamaño de reactor biológico, permite la cobertura de toda la planta, importante en la gestión de ruidos, molestias, olores e impacto visual.

### 3.1.6. Vida media de las obras y equipos

La diferencia fundamental radica en el sistema de filtración ya que el resto de equipos e instrumentación entran dentro del mismo rango.

Las dos configuraciones posibles de MBR responden a dos lógicas de operación muy diferentes en relación a las membranas:

En el caso de membranas sumergidas, la membrana es un consumible operado de forma extensiva (baja presión transmembrana, bajo flujo de permeado), que conduce a una vida media entre 9 y 24 meses según el contexto y la utilización que se haga.

En el caso de membranas externas, el módulo de membranas es concebido como un equipo que se limpia y se regenera de forma que se realiza una operación intensiva (elevada presión transmembrana, régimen turbulento, elevado flujo de permeado), lo que conduce a una vida media de 30 a 84 meses según el tipo de membrana, el contexto y la utilización que se haga.

## 3.2. Impacto sobre la explotación

### 3.2.1. Fiabilidad

Las membranas siempre suponen una barrera física final en el caso de puntas de carga orgánica y/o hidráulicas, permitiendo en cualquier caso el vertido de un efluente desinfectado y libre de sólidos en suspensión.

Es importante señalar la supresión definitiva que se consigue de fenómenos como el bulking y las espumas de origen biológico, lo que permite una operación controlada del sistema en todo momento.

La elección de una u otra configuración de MBR tiene poca incidencia en la fiabilidad del sistema. Es mucho más importante el dimensionado del biológico y los equipos de cada operación unitaria, especialmente el pretratamiento.

*A nivel técnico, las ventajas que ofrece un MBR frente a tecnologías más convencionales son claras: calidad del agua tratada (reutilización), menor producción de fangos, modularidad, espacio requerido, etc.*

### 3.2.2. Mano de obra necesaria para el seguimiento normal

Todos los tipos de MBR son fácilmente tele-controlables, incluidas las operaciones de lavado de membranas.

El seguimiento regular supone 3-5 horas semanales de dedicación en planta.

### 3.2.3. Energía

Los requerimientos biológicos de oxígeno son los mismos en ambos casos referidos a  $\text{kgO}_2/\text{kg DQO}$  eliminada.

La operación extensiva del módulo sumergido descrita con anterioridad conduce a un menor consumo energético en el bloque de membranas. Pero hay que considerar también las energías de agitación y turbulencia en el reactor biológico, necesarias para evitar la rápida colmatación de las membranas sumergidas (ya sean fibra hueca o planas). El coste de esta sobre-aireación puede llegar a suponer un 30% del

coste energético total de la instalación ya que estos sistemas evolucionan hacia el mantenimiento de cada vez mayores velocidades de aire para garantizar una pérdida de flujo moderada y progresiva.

No se conoce aún el efecto real de las condiciones hidrodinámicas generadas por el flujo de burbujas de aire. La influencia de la tasa de aireación ha sido ampliamente estudiada pero se está aún lejos de conocer y predecir el comportamiento del sistema [9]. Los nuevos desarrollos de membranas sumergidas van encaminados a lograr un funcionamiento que se podría denominar "filtración tangencial sumergida" que se traduce en un aumento constante de la energía asociada al módulo de filtración.

En cuanto a los sistemas comerciales existentes, la fibra hueca por ejemplo, es más susceptible de ensuciamiento con diversas sustancias (pelos) y quizás requiera un grado de pre-tratamiento mayor que los paneles de membranas planas.

Otro de los aspectos a ser investigados y mejorados es la limpieza química de las membranas sumergidas. El objetivo es que pueda realizarse sin tener que sacar las membranas del agua ni utilizar ningún compartimiento especial para tal fin.

Además, los módulos son pequeños en general por lo que el diseño de plantas grandes se hace a base de emplear gran cantidad de módulos. Esto es un factor a optimizar también ya que, debido a los bajos flujos de operación de las membranas sumergidas, en el caso de tratar efluentes con baja concentración de DQO, podría suponer la pérdida de una parte importante del volumen útil del reactor biológico (o de otro modo, el sobredimensionado del biológico para poder meter dentro los módulos).

En el caso de la configuración externa, debido a la utilización intensiva de las membranas, existe un mayor consumo energético asociado al mantenimiento de las condi-



ciones de turbulencia a necesarias a nivel de las membranas. Esa recirculación supone un consumo eléctrico que oscila, en función de la presión a la que se trabaje, entre 2,5 y 3,5 kWh/m<sup>3</sup> agua tratada (módulos con membranas orgánicas diseñados por ATM-Orelis), frente a los 0,9-1 kWh/m<sup>3</sup> en el caso de los módulos sumergidos.

Este consumo es, en general, unas 5 veces mayor que el de un sistema convencional de fangos activos [10].

No obstante, en sistemas de nitrificación-desnitrificación se necesitan muchas veces grandes ratios de recirculación interna (hasta un 1.500%) en sistemas convencionales, que en el caso del MBR no harían falta. Los nuevos desarrollos tienden a un menor consumo energético para obtener la misma tensión de cizalladura sobre la superficie de las membranas, y en algunos casos a potenciar el factor temperatura para intensificar aun más el uso de cada metro cuadrado (65°C para bioreactores aerobios termófilos con membranas cerámicas y bucle externo).

En cualquier caso:

- Lo que debe considerarse es el consumo de energía global de la instalación: por ejemplo, la talla y estructura de los flóculos más favorable en el caso del bucle externo pueden hacer disminuir la energía necesaria para la transferencia de un kg de oxígeno a la biomasa.
- La energía que se ahorra en la utilización extensiva de las membranas se paga en un aumento considerable de la superficie de membranas instaladas: así mismo sobre un m<sup>2</sup> de membrana en marcha, el sobrecosto en la renovación de membranas en configuración sumergida supera con creces el sobrecosto de energía en la configuración con bucle externo.

Lo que resulta evidente, debido a que el coste de filtración está directamente relacionado con el caudal a filtrar, es que cuanto más cargada

esté un agua residual, más barato resultará el kg de DQO eliminada. En este sentido, la operación del sistema sumergido, pese al coste de los recambios, es más barata cuando se trata de grandes caudales (>5.000 m<sup>3</sup>/d) y/o bajas concentraciones de materia orgánica (DQO<500 mg/l).

### 3.2.4. Recambio de membranas y equipos

La vida media garantizada para las membranas varía mucho de un proyecto a otro según el tipo de agua residual, condiciones de operación esperadas, etc. En general, puede ser de 1 a 4 años para membranas sumergidas y de 4 a 8 años para membranas externas.

El coste de recambio oscila mucho según el tipo de membrana (material, configuración, etc.) pero puede oscilar entre 0,2 y 0,8 euros/m<sup>3</sup> agua tratada.

El coste de los productos químicos utilizados para la limpieza periódica de las membranas no alcanza los 0,01 euros/m<sup>3</sup> agua tratada.

### 3.2.5. Mantenimiento

El acceso a las membranas y otros equipos es sumamente fácil en el caso del bucle externo, mientras que en el caso de las sumergidas es necesaria una limpieza previa antes de realizar cualquier operación de mantenimiento o recambio fuera del reactor. Del mismo modo, el control sobre fugas o defectos de operación en el caso del bucle externo es más sencilla y el recambio mínimo puede ser de tan sólo 0,15-0,40 m<sup>2</sup>, mientras en el caso de membranas sumergidas, es necesario cambiar un mínimo de área de membrana mucho mayor cada vez.

### 3.2.6. Reactivos

La configuración externa supone lavados químicos más frecuentes que la sumergida, pero el coste es marginal en la cuenta de explotación (inferior al 1%). Las soluciones de lavado empleadas suponen un volumen despreciable al igual que las dosis de productos químicos, lo

que permite su reciclado a cabeza de la instalación.

La configuración de membranas sumergidas necesita un dispositivo de retro-lavado o *back flush* y presenta un grado de complejidad mayor en la instalación para disminuir su impacto sobre la producción neta de agua tratada de la instalación.

### 3.2.7. Costes de bombeo y tratamiento de fangos

Además de la menor producción de fangos biológicos en la configuración externa comentada con anterioridad, el bombeo de los mismos hasta el sistema de tratamiento de fangos se hace aprovechando la propia presión del circuito de recirculación con una simple válvula.

En el caso de membranas sumergidas, es necesario un equipo exclusivo para bombear los fangos desde el reactor biológico.

## 4. Conclusiones

A nivel técnico, las ventajas que ofrece un MBR frente a tecnologías más convencionales son claras: calidad del agua tratada (reutilización), menor producción de fangos, modularidad, espacio requerido, etc.

Desde el punto de vista económico, conviene siempre realizar un balance completo que incluya los diferentes costes asociados a la implantación, operación y mantenimiento.

En general, cuando se da alguno de los condicionantes que se mencionan en el texto, el balance económico resulta favorable al MBR frente a tecnologías convencionales.

Una vez seleccionada la tecnología de bioreactores de membrana, conviene hacer un estudio sobre la configuración más adecuada para el proyecto. En cualquier caso, las ventajas inherentes a la tecnología en sí misma, son parecidas con cualquiera de las dos configuraciones existentes, aunque la configuración externa es claramente ventajosa en lo referente a la producción de fangos biológicos.



En el caso de las membranas externas existe un consumo energético importante asociado al circuito de recirculación. No obstante, la configuración de membranas sumergidas presenta unos costes energéticos asociados a sobre-aireación del módulo y agitación importantes y sobre todo, un coste de recambio de membranas netamente superior a la configuración externa.

Por otro lado, el control que se tiene sobre la instalación en los sistemas externos es un factor importante a considerar, así como otras ventajas asociadas al tamaño de instalación, capacidad, modularidad, etc.

En cuanto a la evolución de los sistemas, la configuración externa se presenta como la más adaptable a los nuevos desarrollos. El empleo de oxígeno líquido por ejemplo, supone una mejora en la transferencia de oxígeno y capacidad de tratamiento del sistema. Su aplicación con membranas externas es favorable porque se aprovecha la presión de retorno del circuito de recirculación para conseguir la inyección y mezcla del oxígeno sin consumo energético asociado.

Por otro lado, parece que la tendencia de los MBRs sumergidos es hacia la "filtración tangencial sumergida", lo que mejora la permeabilidad, alarga la vida media de las membranas pero acerca los costos

energéticos de depuración a los sistemas externos.

En resumen, el balance técnico-económico parece favorable a los MBRs externos especialmente cuando se trata de concentraciones de materia orgánica elevadas en el agua residual (DQO>500 mg/L). Para aguas urbanas y en general, para el tratamiento de grandes caudales con bajas concentraciones de materia orgánica, los consumos energéticos pueden hacer inclinar el balance técnico-económico hacia las membranas sumergidas aunque el costo de recambio de membranas puede llegar a ser insostenible. La suma (costes energéticos+recambio de membranas) es siempre favorable a los sistemas externos.

### 5. Bibliografía

- [1] Council Directive of 8 December 1975 Concerning the Quality of Bathing Water, Official J. Eur. Commun., L31 (1976).
- [2] Council Directive of 21 May 1991 Concerning Urban Waste Water Treatment, Official J. Eur. Commun., L135 (1971).
- [3] Bailey, A.D., Hansford, G.S. and Dold, P.L. The use of crossflow microfiltration to enhance the performance of an activated sludge reactor. *Wat. Res.*, vol. 28, pp. 297-301, (1994).
- [4] Chaize, S. and Huyard, A. Membrane bioreactor on domestic wastewater treatment: sludge production and modeling approach. *Wat. Sci. Tec.*, vol.23, pp. 1591-1600, (1990).
- [5] Ghyoot, W. and Verstraete, W. Reduced sludge production in a two-stage membrane-assisted bioreactor. *Wat. Res.*, vol. 34, 1, pp. 205-215, (2000).
- [6] Ueda, T., Hata, K. and Kikuka, Y. Treatment of domestic sewage from rural settlements by a membrane bioreactor. *Wat. Sci. Tech.*, 34(9), pp. 189-196, (1996).
- [7] Cote, P. Low cost MF membranes for wastewaters. Membrane bioreactors for wastewater treatment workshop, Cranfield University, (1997).
- [8] National Water Research Institute and Orange Country Water District. Microfiltration for water treatment. August 25&26, Irvine, California, (1994).
- [9] Ben Aim, R.M., and Semmers, M.J. Membrane bioreactors for wastewater treatment and reuse: a succes story. *Wat. Sci. Tech.*, vol.47, nº1, pp.1-5. (2002).
- [10] Aya, H. Modular membranes for self-contained reuse systems. *Wat. Qual. Int.*, 4: 21-22. (1994).

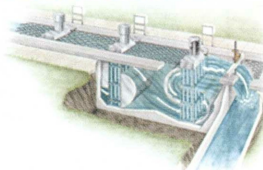
## GENERADORES DE OZONO + U.V.

Plantas tecnológicas. Sistemas de ozonización. Ultravioletas



- REALIZAMOS PLANTAS COMPLETAS DE OZONO + U.V. • OXIDACIÓN • DESINFECCIÓN • AGUA POTABLE
- AGUAS RESIDUALES • REUTILIZACIÓN PARA RIEGO AGRÍCOLA Y DEPORTIVO • FILTRACIÓN
- PISCIFACTORIAS SALADA/DULCE A CIRCUITOS CERRADOS
- TRATAMIENTO DEL AIRE • DESODORIZACIÓN VÍA HÚMEDA • PISCINAS DEPORTIVAS

PROYECTOS PARA  
LAS INGENIERIAS  
LLAVES EN MANO



Sociedad Internacional del Ozono  
[www.sio3.com](http://www.sio3.com)

C/ San Alberto Magno nº 8-10. 08950 Esplugues de Llobregat • Barcelona Tel: +0034 933 728 048 • Fax: +0034 934 731 867 • E-mail: sio3@sio3.com