

LIFE-BRAINYMEM: OPTIMIZACIÓN DE LA TECNOLOGÍA DE BIORREACTOR DE MEMBRANA REDUCIENDO COSTES E IMPACTO MEDIOAMBIENTAL

EL PROYECTO LIFE-BRAINYMEM ES UN PROYECTO APOYADO Y FINANCIADO POR LA COMISIÓN EUROPEA, DENTRO DEL PROGRAMA LIFE, PARA REDUCIR EL CONSUMO ENERGÉTICO EN LAS DEPURADORAS Y MINIMIZAR SU IMPACTO MEDIOAMBIENTAL. ACCIONA AGUA, APLICARÁ SISTEMAS DE CONTROL AVANZADOS A LAS DEPURADORAS NO SÓLO PARA ELLO SINO TAMBIÉN PARA REDUCIR LA EMISIÓN DE GASES EFECTO INVERNADERO Y LA CONCENTRACIÓN DE CONTAMINANTES RECALCITRANTES EN EL AGUA RESIDUAL. EL PROYECTO SERÁ REPLICABLE EN CUALQUIER OTRA PLANTA DEPURADORA.

El biorreactor de membrana es una solución compacta para regeneración de aguas que combina la tecnología de fangos activos y la filtración por membranas. En ella, el decantador secundario es sustituido por una membrana que filtra directamente el fango activado. Así, se obtiene un efluente libre de patógenos y sólidos en suspensión, lo cual hace que sea una tecnología interesante en reutilización de aguas, ya que la calidad de agua obtenida cumple con la Ley de Reutilización (RD1620/2007) para la mayoría de los usos propuestos en dicha ley. Sin embargo, su consumo energético es aún relativamente superior al de sistemas de regeneración de aguas más sencillos (fangos activos seguido de discos rotativos, filtros de arena, etc.), lo cual limita su implementación. Esto es debido principalmente a que, en los biorreactores de membrana, además de energía necesaria para la aireación biológica, agitación y bombeos, existe la necesidad de aireación de las membranas para controlar su ensuciamiento.

El consumo energético de los sistemas de tratamiento de aguas residuales no solamente implica mayores costes de operación, sino que tienen consecuencias medioambientales negativas. Por un lado, debido al uso de combustibles fósiles para la producción de electricidad necesaria para operar las plantas, y por otro por emisiones directas de gases de efecto invernadero que tienen lugar durante los procesos biológicos (NOx, CO₂ y CH₄). Aparte de ello, además del impacto medioambiental asociado al consumo energético, los sistemas de tratamiento de aguas residuales, sean fangos activos convencionales o MBR, vierten al medio natural una serie de contaminantes, llamados contaminantes emergentes, que no se eliminan de manera efectiva en los sistemas de tratamiento de aguas convencionales y cuyo impacto puede ser negativo para la fauna acuática. Estos compuestos son de muy variada naturaleza, e incluyen desde fármacos a productos de higiene personal y nanomateriales.

Todos estos impactos medioambientales están siendo abordados y minimizados en el proyecto LIFE-BRAINYMEM, mediante la implementación de un sistema de control avanzado. El proyecto comenzó en julio de 2014 y finalizará en junio de 2017, y se enmarca dentro de la convocatoria 2013 de proyectos LIFE de la Comisión Europea, que financia proyectos de demostración con un claro enfoque medioambiental. Su objetivo general

LIFE-BRAINYMEM: OPTIMISATION OF MEMBRANE BIOREACTOR TECHNOLOGY TO REDUCE COSTS AND ENVIRONMENTAL IMPACT

THE LIFE-BRAINYMEM PROJECT IS SUPPORTED AND FUNDED BY THE EUROPEAN COMMISSION WITHIN THE FRAMEWORK OF THE LIFE PROGRAMME. THE OBJECTIVE OF THE PROJECT IS TO REDUCE ENERGY CONSUMPTION AND MINIMISE ENVIRONMENTAL IMPACT AT WASTEWATER TREATMENT PLANTS. ACCIONA AGUA WILL IMPLEMENT ADVANCED CONTROL SYSTEMS AT WWTPs TO REDUCE ENERGY CONSUMPTION, GREENHOUSE GAS EMISSIONS AND THE CONCENTRATION OF RECALCITRANT CONTAMINANTS IN WASTEWATER. THE PROJECT WILL BE REPLICABLE AT ANY WASTEWATER TREATMENT PLANTS.

The membrane bioreactor is a compact water reclamation solution. It combines activated sludge technology with membrane filtration. With MBR technology, the secondary settler is replaced by a membrane, which directly filters the activated sludge. In this way, an effluent free of pathogens and suspended solids is obtained. It is, therefore, a technology of great interest in terms of water reuse, given that the quality of the water obtained is compliant with standards for most of the uses set out in the Spanish Reuse Act (RD1620/2007). However, the energy consumption associated with this technology is higher than that of simpler water reclamation technologies (activated sludge followed by rotating discs, sand filters, etc.) and this limits its implementation. This is mainly due to the fact that in addition to the energy required for biological aeration, mixing and pumping, membrane bioreactors also require aeration of membranes to control fouling.

Energy consumption in wastewater treatment systems does not just imply higher operating costs. It also has adverse environmental consequences associated with the use of fossil fuels needed to generate the electricity to power the plants and also with the direct emission of greenhouse gases (NOx, CO₂ and CH₄) during the biological processes. Apart from the environmental impact associated with energy consumption, both conventional activated sludge and MBR systems discharge a number of contaminants, known as emerging pollutants, into the



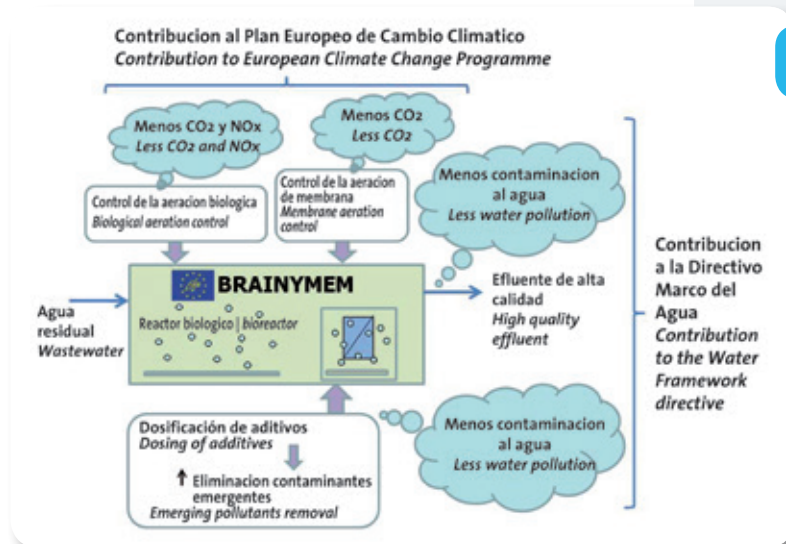


Figura. 1. El proyecto BRAINYMEM y su impacto medioambiental.
Figure. 1. The BRAINYMEM project and its environmental impact.

natural environment. Emerging pollutants are not effectively removed by conventional water treatment systems and they can have a negative impact on aquatic fauna. These compounds vary in nature and include pharmaceuticals, personal care products and nanomaterials.

All these environmental impacts are being addressed and minimised in the LIFE-BRAINYMEM project through the implementation of an advanced control system. The project commenced in July 2014 and is scheduled to finish in June 2017. It forms part of the 2013 call for projects of the European Commission LIFE programme, which provides funding for projects with clear environmental objectives. The general objective

of this programme for the period 2004-2020 is to contribute to sustainable development and achieving the goals and targets set out in the Europe 2020 Strategy and other relevant EU strategies and plans in the area of the environment and climate.

BRAINYMEM technology is being demonstrated at an MBR plant located in Almuñécar (Granada). It uses real urban wastewater received at the Almuñécar WWTP as an influent. The plant features a GE hollow fibre membrane module with optimised aeration. The dimensions of the demo plant (55 m³, treatment flow of 144 m³/d) enable the results to be representative of a real plant, which is one of the requirements of LIFE projects.

Fig. 1 is a schematic diagram of the contribution of the LIFE-BRAINYMEM project to reducing the environmental impact of wastewater treatment technologies and to achieving compliance with European Directives and Plans on Climate Change and Water. On the one hand, the advanced control system will act on the biological aeration process, providing innovative control that will achieve a reduction in the energy consumption associated with biomass aeration, as well as a reduction in the production of greenhouse gases (NO_x and CO₂). This control system is still at the testing stage and data on the effective reductions afforded by the system will soon be available. As a benchmark, data will also be obtained on the same plant operating with a simple control system based on an oxygen setpoint, as well as data on the plant operating without an aeration control system.

para el período 2004-2020 es contribuir al desarrollo sostenible y al logro de los objetivos y metas de la definidos en la Estrategia Europa 2020 y de las estrategias y planes pertinentes de la Unión en materia de medio ambiente y clima.

La demostración de la tecnología BRAINYMEM se está realizando en una planta MBR situada en Almuñécar (Granada). Como influente utiliza el agua residual urbana real que llega a la EDAR de Almuñécar. La planta contiene un módulo de membrana de fibra hueca de GE con aireación optimizada. Las dimensiones de la planta de demostración (55 m³, caudal de tratamiento de 144 m³/d) permiten que los resultados sean representativos de una planta real, que es uno de los requisitos de los proyectos LIFE.

En la Fig. 1 se ha esquematizado la contribución del proyecto LIFE-BRAINYMEM a la reducción del impacto medioambiental de las tecnologías de tratamiento de aguas residuales y a las Directivas y planes Europeos sobre Cambio Climático y Agua. Por un lado, el control avanzado actuará sobre la aireación biológica con un control novedoso que logrará reducir el consumo energético asociado a la aireación de la biomasa y la producción de gases de efecto invernadero (NO_x and CO₂). Este control aún está en la fase de pruebas y pronto se tendrán datos de la reducción efectiva de este sistema. Como referencia se obtendrán también datos de la misma planta funcionando con un sistema de control simple basado en un setpoint de oxígeno, así como datos de la planta sin sistema de control de la aireación.



Moreover, the advanced control system will also act on membrane aeration. Such aeration tends to be fixed and the value is generally specified by the membrane manufacturer. To ensure good functioning, aeration is often set at a value that is higher than necessary. However, the flow of air supplied to control membrane fouling depends on sludge and membranes conditions at any given point in time. Therefore, when the sludge has high permeability, it is possible to work with lower membrane aeration, whereas when there is a high possibility of fouling due to poor sludge flocculation (for instance, due to sudden changes, such as low temperatures, toxicity, industrial

Por otro lado, el control avanzado actúa también sobre la aireación de la membrana. Esta aireación suele ser fija y su valor viene generalmente especificado por el fabricante de membranas que, para asegurar un buen funcionamiento, determina en muchas ocasiones un valor de aireación por encima del necesario. El caudal de aire suministrado para controlar el ensuciamiento de las membranas es sin embargo dependiente de las condiciones del fango y de la membrana en cada momento. Así, en ocasiones en que el fango tenga alta permeabilidad, sería posible trabajar a una aireación de membrana reducida, mientras que en aquellos momentos en los que exista un alto potencial de ensuciamiento debido a una baja mala floculación del fango (por ejemplo, debido a cambios bruscos como bajas temperaturas, tóxicos, vertidos industriales, etc.), la aireación debería ser superior para proteger la membrana de un ensuciamiento severo irreversible y que puede conllevar la necesidad de un lavado químico. Dentro del control avanzado BRAINYMEM, se aplica un control de aireación de membrana que tiene en cuenta el estado del sistema en cada momento medido online y actúa adaptando la aireación de la membrana a las condiciones reales de la planta, ahorrando así importantes costes de operación.

Este sistema de control presenta novedades frente a otros sistemas existentes: la primera, que detrás de este control no existe solamente una relación entre datos empíricos obtenidos en la planta, sino que está basado en modelos matemáticos de filtración y costes, que han sido calibrados con datos históricos de planta. Así, la base del control BRAINYMEM es más sólida que la de un control puramente empírico y es también más replicable. La segunda novedad se encuentra en que dispone de un sistema de dosificación en caso de "emergencias". Estas emergencias se refieren a momentos puntuales en los que la planta presenta un rápido ensuciamiento y este no puede ser paliado con un aumento de la aireación de membrana. En estos casos, se activa automáticamente la dosificación de un mejorador de flujo (flux-enhancer) que mejora la floculación del fango y la permeabilidad de la membrana, evitando así el ensuciamiento irreversible de la misma. Esto puede ser muy útil en plantas con problemas de vertidos industriales.

Por el momento, los resultados indican reducciones de un 20% del consumo energético con la aplicación de este control, aunque es necesario obtener datos a largo plazo para evaluar el impacto y poder establecer conclusiones. Como complemento a este sistema avanzado de control para la reducción del impacto medioambiental de la tecnología, se estudiará también la eliminación de los contaminantes emergentes mediante la adición de diferentes sustancias inocuas en el fango activo. Realizando un estudio de coste-beneficio se podrá evaluar la eficacia de esta dosificación sobre la eliminación de los contaminantes objetivo y se extraerán conclusiones acerca de en qué casos sería conveniente la adición de estas sustancias para minimizar la contaminación del medio receptor.

Los indicadores medioambientales seleccionados para medir el impacto del proyecto sobre el medioambiente son, en el caso de la aplicación del control avanzado, los gases de efecto invernadero NOx y CO2 emitidos, y en el caso de la calidad del efluente, la concentración de contaminantes emergentes y su actividad endocrina. Todos estos indicadores serán medidos a lo largo del proyecto y darán un valor cuantitativo al impacto positivo sobre el medio ambiente del proyecto LIFE-BRAINYMEM. Se pueden seguir los avances del proyecto en su página web. <http://www.life-brainymem.com>



Teresa de la Torre

Ingeniera del Departamento de I+D+i de ACCIONA Agua
Engineer at the Department of R&D&i, ACCIONA Agua



effluents, etc.), aeration levels must be greater in order to protect the membrane from severe irreversible fouling, and chemical cleaning may also be necessary. The BRAINYMEM advanced control system features the implementation of membrane aeration control that takes account of system status, measured online, at any given time. Membrane aeration is adapted to real plant conditions, resulting in significantly lower operating costs.

This control system has a number of innovative features compared to existing systems. First of all, this control system is not only based on the relationship between empirical data obtained in the plant. It is also based on mathematical filtration and cost models that have been calibrated with historical plant data. In this way, the BRAINYMEM control system has a more solid basis than a purely empirical system and it is also more replicable. Secondly, it features a dosing system in case of "emergencies". These emergencies refer to sporadic situations in which rapid fouling occurs and this fouling cannot be controlled by increasing membrane aeration. In such cases, flux-enhancer dosing is automatically activated to improve sludge flocculation and membrane permeability, thereby preventing irreversible fouling. This can be very useful at plants with industrial discharge problems. Results to date indicate energy consumption reductions of 20% through the implementation of this control system, although long-term data needs to be gathered in order to assess impact and enable conclusions to be drawn.

To complement this advanced control system for the reduction of the environmental impact of MBR technology, research will also be carried out into the removal of emerging pollutants by means of dosing activated sludge with innocuous substances. A cost-benefit analysis will enable assessment of the effectiveness of such dosing on the removal of these contaminants and it will be possible to reach conclusions regarding the cases in which the dosing of such substances would be appropriate in order to minimise pollution of the receiving environment.

The environmental indicators selected to measure the impact of the project on the environment are NOx and CO2 emissions in the case of the implementation of the advanced control system, and the concentration of emerging pollutants and their endocrine activity in the case of effluent quality. All these indicators will be measured throughout the project and will provide a quantitative value of the positive impact of the LIFE-BRAINYMEM project on the environment.

Project progress can be followed on the dedicated website. website: <http://www.life-brainymem.com>