



Sustainable and Low energy wastewater for warm climates

# LAYMAN'S REPORT

LIFE14 ENV/ES/000203



## LIFE-CELSIUS





# INTRODUCTION INTRODUCCIÓN

---

Water treatment in Spain manages 3,000 hm<sup>3</sup>/year of urban wastewater treatment. It represents 1 % of national energy consumption, being biological reactors' aeration, the highest energy demanding process, accounting for approximately 50 % of the total. These data show that there is a large number of treatment plants in which energy consumption is not optimized. While technological trends of urban water treatment point to an increase in energy requirements, due to the greater demands on the quality of treated water, including those aspects related to nutrients control to prevent eutrophication and hypoxia. For this reason it is necessary to obtain this increase through processes that consume less energy, which are more efficient and increase environmental quality of water masses. The development of this kind of technology is the main aim of LIFE-CELSIUS project.

En España, la depuración de los 3.000 hm<sup>3</sup>/año de aguas residuales urbanas supone el 1% del consumo energético nacional, siendo la aireación de los reactores biológicos el proceso de mayor consumo energético, aproximadamente un 50 % del total. Estos datos ponen de manifiesto que existe un gran número de depuradoras en las que el consumo energético no está optimizado. Mientras que las tendencias tecnológicas de depuración del agua urbana apuntan a un incremento de la demanda energética, fruto de las mayores exigencias en la calidad del agua tratada, incluyendo aquellos aspectos relacionados con el control de nutrientes para prevenir problemas de eutrofización e hipoxia. Por este motivo se impone el buscar dicho incremento mediante procesos que consuman menor energía, sean más eficientes y/o generen productos energéticamente valorizables. El objetivo del proyecto LIFE-CELSIUS es el desarrollo de este tipo de tecnología.





01



# PROJECT PROYECTO

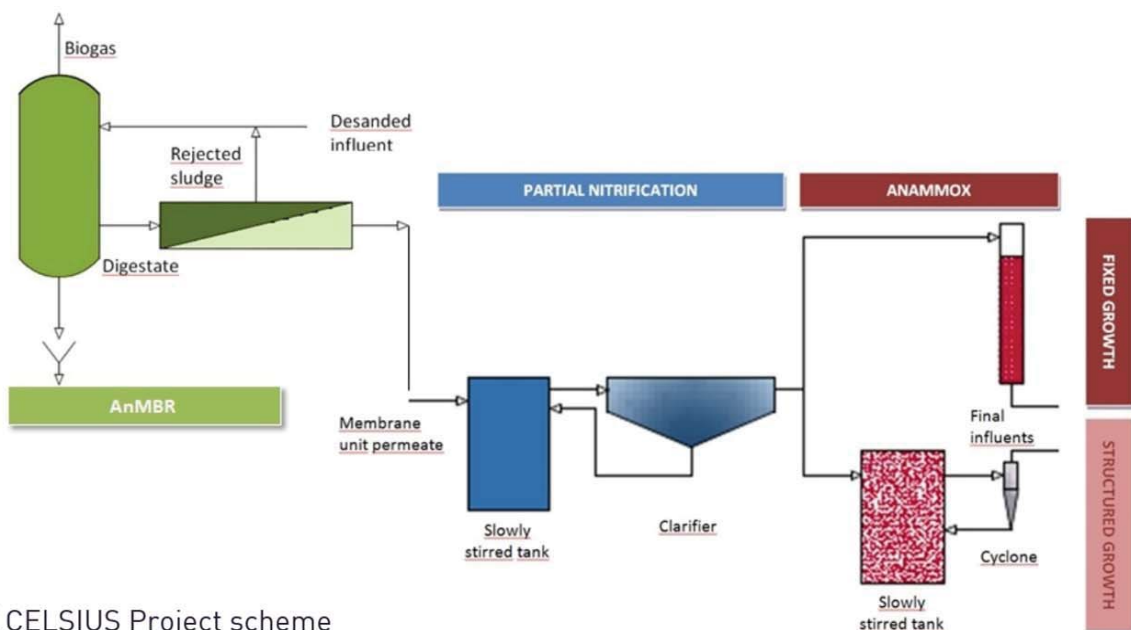


The main objective of the LIFE CELSIUS project was to develop a process for water treatment in warm climates and to demonstrate that its operation has a lower energy consumption than conventional treatment. The combination of an organic matter elimination system based on an anaerobic bioreactor with membrane, AnMBR, and a decoupled system of partial nitrification and anammox to eliminate nitrogen compounds was proposed.

This technology would guarantee the quality of the effluent in terms of organic matter and nitrogen compounds, in addition to reducing the energy consumption associated with wastewater treatment by up to 60%, which would result in a specific energy saving of about 0.3kWh / m<sup>3</sup>, and a decrease in greenhouse gas emissions associated with water treatment of 0.163kg CO<sub>2</sub> / m<sup>3</sup>.

El principal objetivo del proyecto LIFE CELSIUS fue desarrollar un tratamiento para la depuración de agua en climas cálidos y demostrar que su funcionamiento tiene asociado un menor consumo de energía que un tratamiento convencional. Se propuso la combinación de un sistema de eliminación de materia orgánica basado en un biorreactor anaerobio con membrana, AnMBR, y un sistema desacoplado de nitrificación parcial y anammox para eliminar los compuestos nitrogenados.

Esta tecnología garantizaría la calidad del efluente en cuanto a materia orgánica y compuestos nitrogenados, además de reducir el consumo energético asociado al tratamiento del agua residual hasta en un 60%, lo que se traduciría en un ahorro de energía específico de unos 0,3kWh/m<sup>3</sup>, y un descenso en las emisiones de gases de efecto invernadero asociadas al tratamiento de aguas de 0.163kg CO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup>.

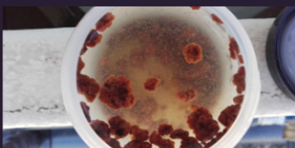


LIFE CELSIUS Project scheme



# MAIN ACTIVITIES PRINCIPALES ACTIVIDADES

- **Design and implementation of the pilot plant at the Archena WWTP:** consisted in the installation of a nitrogen elimination unit after a pre-existent organic matter removal stage.
- **Process start-up:** partial nitrification reactor and anammox systems were inoculated. The first one was seeded with nitrifying bacteria from the WWTP biologic reactor, while anammox seeds came from another experimental biofilter in ACCIONA Agua pilot plant.
- **Process optimization:** AnMBR operation was analyzed for its optimization while the effect of organic matter over anammox bacteria was studied. Furthermore, information for biofilter scaling up was gathered.
- **Pilot plant demonstration:** an analytical campaign was performed to demonstrate the effluent quality as well as to assess the energy consumption.
- **Monitoring of the impact of the project action:** the environmental and the socio-economic impacts were assessed along the project.
- **Communication and dissemination:** the project results were disseminated through relevant media.
- **Management:** the scope, the budget and the schedule of the project was monitored and managed.



- **Diseño e implementación de la planta piloto en la EDAR de Archena:** consistió en instalar la unidad de eliminación de nitrógeno después de la etapa pre-existente de eliminación de materia orgánica.
- **Puesta en marcha del proceso:** se inocularon el reactor de nitrificación parcial y los sistemas anammox. El primero se sembró con bacterias nitrificantes del reactor biológico de la EDAR, mientras que el inóculo anammox provino de otro biofiltro experimental de ACCIONA Agua.
- **Optimización del proceso:** se analizó la operación del AnMBR para su optimización, mientras se estudió el efecto de la materia orgánica sobre las bacterias anammox. Además se recopiló información para el escalado del biofiltro anammox.
- **Demostración de la planta piloto:** se llevó a cabo una campaña analítica para demostrar la calidad del efluente así como un análisis del consumo energético.
- **Seguimiento del impacto de la acción del proyecto:** se estudió el impacto medioambiental y el socio-económico a lo largo del proyecto.
- **Communication and Dissemination Actions:** los resultados del proyecto fueron presentados a través de medios relevantes.
- **Coordinación:** se monitorizó y gestionó el alcance, el presupuesto y la duración del proyecto.



03



# RESULTS

## AnMBR

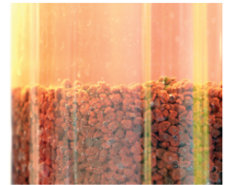
Mathematical simulations of AnMBR system proved that it is indeed a suitable technology for the treatment of urban wastewater in regions with low sulfate content in the effluent\*. The system could cope with the organic matter contained in the wastewater up to the legislation limits (<125ppm). The nitrogen content of the influent resulted unaltered after this treatment, but the quality superior to the membrane system made it suitable for the following steps of partial nitrification and anammox.

## Partial nitrification

Advanced aeration control for partial nitrification could be assessed and it was proven to be suitable for the control of the competing bacterial populations (Ammonia Oxidating Bacteria, AOB, and Nitrite Oxidating Bacteria, NOB). It allowed to inhibit the last ones while fostering AOB. This control scheme was also able to regulate AOB activity to achieve a ratio between nitrite and ammonia around 1.32, optimal for the following anammox lines.

## Anammox systems (biofilter and granular SBR)

The anammox biofilter was found to be the most robust anammox system of the two essayed in this project. Its startup was quick and required a very low amount of inoculum. The nitrogen elimination rate achieved by the biofilter was over 6000 g N/m<sup>3</sup>-day.



89ppm COD

└ Effluent quality of the high load aerobic reactor+ partial nitrification reactor+biofilter



5.5ppm TN

└ Effluent quality of the anammox biofilter reactor

These values are below the limits of European Legislation for effluent quality (125 ppm COD and 15 ppm TN, total nitrogen), therefore this system is suitable to compete with the conventional activated sludge in terms of **effluent quality** and diminishment of eutrophication potential.

0.68 kwh/m<sup>3</sup>, 0.15 kg CO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup>

└ **Energy consumption** is 55% of the Spanish average in conventional WWTP. It also entails a reduction in **GHG emissions**.

\*High sulfate content in Archena WWTP influent caused negative interferences over AnMBR performance. Experimentally it has to be changed by a high load aerobic reactor, in order to provide the pilot plant with an operative organic removal step, despite sulfate content.





03



# RESULTADOS

## AnMBR

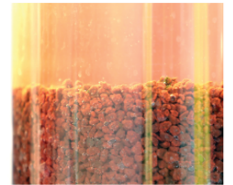
Las simulaciones matemáticas del sistema AnMBR demostraron que, de hecho, es una tecnología adecuada para el tratamiento de aguas residuales urbanas en regiones con bajo contenido de sulfato en el efluente \*. El sistema podría hacer frente a la materia orgánica contenida en las aguas residuales hasta los límites de legislación (<125 ppm). El contenido de nitrógeno del influente no se ve alterado por el AnMBR, pero la calidad que se obtiene gracias al sistema de membrana, hizo que el efluente fuese adecuado para los siguientes pasos de nitrificación parcial y anammox.

## Nitrificación parcial

Se pudo evaluar el control avanzado de la aireación para la nitrificación parcial y se demostró que es adecuado para el control de las poblaciones bacterianas competidoras (Bacterias oxidantes de amonio, AOB y Bacterias oxidantes de nitrito, NOB). Permitted inhibir a las últimas mientras se fomentaban las AOB. Este esquema de control también fue capaz de regular la actividad AOB para lograr una relación entre el nitrito y el amonio en torno a 1.32, óptimo para las líneas de anammox siguientes.

## Sistemas anammox (biofiltro y r. granular por cargas)

Se encontró que el biofiltro anammox es el sistema más robusto de los dos ensayados en este proyecto. Su puesta en marcha fue rápida y requirió una cantidad muy baja de inóculo. La tasa de eliminación de nitrógeno lograda por el biofiltro fue superior a  $6000 \text{ g N} / \text{m}^3 \cdot \text{día}$ .



89ppm DQO

Calidad del efluente del sistema de alta carga+nitrificación parcial+biofiltro.



5.5ppm NT

Calidad del efluente a la salida del biofiltro anammox.

Estos valores están por debajo de los límites europeos para la **calidad del efluente** (125 ppm de DQO y 15 ppm de NT, nitrógeno total), por lo que este sistema es adecuado para competir con el lodo activado convencional en términos de calidad del efluente y disminución del potencial de eutrofización.

0.68 kwh/m<sup>3</sup>, 0.15 kg CO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup>

El **consumo energético** del sistema es 55% del promedio español en EDAR convencionales. Esto implica además una reducción en la emisión de gases de efecto invernadero.

\* El alto contenido de sulfato en la entrada de la EDAR de Archena causó interferencias negativas en el desempeño de AnMBR. Experimentalmente, debe ser cambiado por un reactor aeróbico de alta carga, a fin de proporcionar a la planta piloto una etapa operativa de eliminación orgánica, a pesar del contenido de sulfato.



04



# SOCIO-ECONOMIC IMPACT IMPACTO SOCIO-ECONÓMICO

## DIRECT IMPACT

## IMPACTO DIRECTO

- **Energy saving: 45%**
- OPEX saving: 22,5%
- Employment creation: 3 new employees for the project

- **Ahorro energético: 45%**
- Ahorro de costes operacionales: 22,5%
- Creación de empleo: 3 nuevos empleados directamente implicados en el proyecto

## INDIRECT IMPACT

## IMPACTO INDIRECTO

- Employment creation: High potential for indirect reused water dependent sectors (agriculture, leisure and tourism, etc.)
- Water quality: Improvement of community access to good quality water masses and reduction of environmental deterioration

- Creación de empleo: alto potencial para la activación de sectores dependientes del agua (agricultura, ocio y turismo, etc.)
- Calidad del agua: mejora del acceso de la comunidad a masas de agua de buena calidad y reducción del deterioro ambiental

## INDUCED IMPACT

## IMPACTO INDUCIDO

- Public concern: the web and other media will allow more people to know about water treatment and energy efficiency.
- Improved governance: New technologies and better practices will promote the development of more stringent policies for water treatment.

- Conciencia pública: la web y otros medios permitirán conocer más sobre el tratamiento del agua y la eficiencia energética.
- Gobernanza: las nuevas tecnologías y mejores prácticas promoverán el desarrollo de políticas más exigentes para el tratamiento de agua.



05



# NEXT STEPS SIGUIENTES PASOS

## STARNIT project

ACCIONA Agua has been awarded by the Spanish Government with a grant for the development of a complementary control system of the partial nitrification steps based on the use of free nitrous acid (FNA).

## Proyecto STARNIT

A ACCIONA Agua se le ha otorgado una subvención para el desarrollo de un sistema de control complementario de la nitrificación parcial basado en el uso de ácido nitroso libre (FNA).



IDEA #1

## Collaboration with O&M department

The aeration control of partial nitrification will be adapted and implemented in a real WWTP in Aragón to control denitrification via nitrite process vs. conventional via nitrate way.

## Colaboración con el departamento de O&M

El control de la aireación de la nitrificación parcial se adaptará e implementará en una EDAR real en Aragón para controlar la desnitrificación a través del proceso de nitrito en comparación con la vía convencional a través de nitrato.



IDEA #2

## Future collaboration with APROMA

Spanish aquiculture society has shown its interest in future collaboration for the implementation of the LIFE-CELSIUS technology for treating nitrogen reach effluents that characterize that industry.

## Colaboración futura con APROMA

La sociedad de acuicultura española ha mostrado su interés en la colaboración futura para la implementación de la tecnología LIFE-CELSIUS para tratar los efluentes de alcance de nitrógeno que caracterizan a esa industria.



IDEA #3





# CONCLUSIONS CONCLUSIONES

---

LIFE CELSIUS technology, based on the combination of a first step of organic matter depletion, followed by partial nitrification and anammox systems for nitrogen removal was suitable to obtain an effluent that met the requirements of the legislation in terms of water quality. This would contribute to the reduction of the eutrophication and hipoxia issues on water bodies. Furthermore, the reduction of energy consumption compared to Spanish average of conventional system was of 45%. This energy reduction also entailed the reduction of the carbon footprint of the wastewater treatment.

---

La tecnología LIFE CELSIUS, basada en la combinación de un primer paso de eliminación de materia orgánica, seguida de sistemas de nitrificación parcial y anammox para la eliminación de nitrógeno resultó adecuada para obtener un efluente que cumpliera con los requisitos de la legislación en términos de calidad del agua. Esto contribuirá a la reducción de los problemas de eutrofización en hipoxia. Además, la reducción del consumo de energía respecto a la media española del sistema convencional alcanzó el 45%. Lo que también implicó una reducción de la huella de carbono del tratamiento de aguas residuales.





LIFE CELSIUS project; LIFE14 ENV/ES/000203

Beneficiary/Beneficiario: ACCIONA Agua S.A.U.

Duration/Duración: 36 months/meses

Total costs (EU contribution)/Coste total  
(contribución de la UE): 732,049 (436,377) Euro

<http://www.lifecelsius.com/>

Twitter: @lifecelsius

Facebook: <https://www.facebook.com/LifeCelsius/>



With the contribution of the LIFE financial instrument of the European Union