

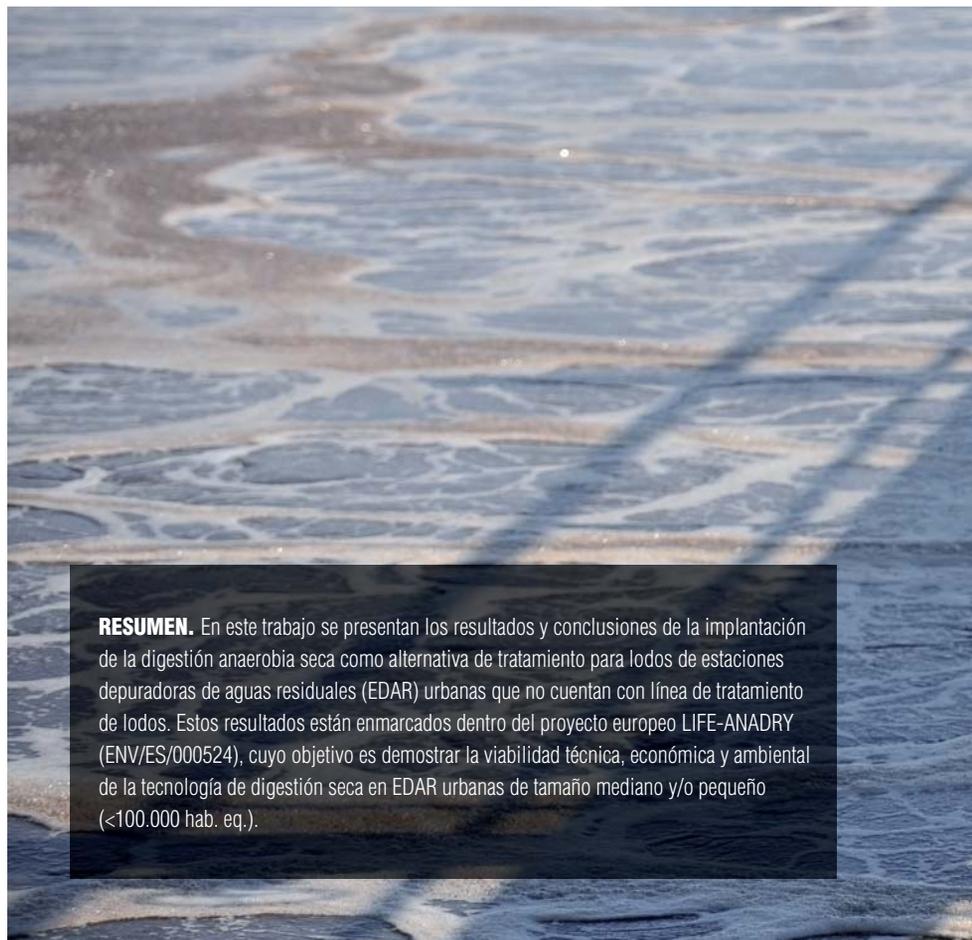
# Proyecto LIFE-ANADRY: evaluación de un prototipo pre-industrial de digestión seca para el tratamiento de lodos de depuradoras urbanas

E. Aymerich<sup>1,2</sup>, J. García-Aguirre<sup>1,2</sup>, T. Fernández-Arévalo<sup>1,2</sup>, M. Esteban-Gutiérrez<sup>1,2</sup>, L. Pastor<sup>3</sup>, J. E. Sánchez-Ramírez<sup>3</sup>, S. Doñate<sup>3</sup>, C. Lardín<sup>4</sup>, R. Romaguera<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Ceit | [www.ceit.es](http://www.ceit.es) ■ <sup>2</sup>Tecnun, Universidad de Navarra | [www.tecnun.unav.edu](http://www.tecnun.unav.edu) ■ <sup>3</sup>Depuración de Aguas del Mediterráneo (DAM) | [www.dam-aguas.es](http://www.dam-aguas.es) ■ <sup>4</sup>Entidad de Saneamiento de la Región de Murcia (ESAMUR) | [www.esamur.com](http://www.esamur.com) ■ <sup>5</sup>Ingeniería y Desarrollos Renovables (INDEREN) | [www.inderen.es](http://www.inderen.es)

El proyecto LIFE ANADRY ([www.life-anadry.eu](http://www.life-anadry.eu)) tiene por objetivo demostrar la viabilidad técnica, económica y ambiental de la digestión anaerobia seca de lodos como solución integral para la gestión de esta corriente en EDAR urbanas de tamaño mediano y/o pequeño. LIFE ANADRY surge como una alternativa para mejorar la gestión de los lodos de acuerdo al contexto de legislación europeo, es decir, para reducir el impacto sobre la salud y el medio ambiente, con la intención de promover la implantación de tecnologías energéticamente eficientes habituales en EDAR de mayor escala.

Existen en el mercado tecnologías patentadas de digestión seca con diversas configuraciones para modos de operación discontinuos, semi-continuos o continuos (André, 2018) que en Europa se ha implantado mayoritariamente para el tratamiento de residuos



**RESUMEN.** En este trabajo se presentan los resultados y conclusiones de la implantación de la digestión anaerobia seca como alternativa de tratamiento para lodos de estaciones depuradoras de aguas residuales (EDAR) urbanas que no cuentan con línea de tratamiento de lodos. Estos resultados están enmarcados dentro del proyecto europeo LIFE-ANADRY (ENV/ES/000524), cuyo objetivo es demostrar la viabilidad técnica, económica y ambiental de la tecnología de digestión seca en EDAR urbanas de tamaño mediano y/o pequeño (<100.000 hab. eq.).

sólidos urbanos (RSU), restos de comida, de cultivos y/o cultivos energéticos. Sin embargo, ha surgido especial interés la última década en aplicar esta tecnología a lodos de depuradora debido en gran medida a las ventajas que presenta respecto a la digestión húmeda convencional en cuanto a menor requerimiento de espacio, menor coste de inversión y mejoras en el rendimiento energético. Este interés queda patente en trabajos de bibliografía con digestores de hasta  $0,3 \text{ m}^3$  (Aymerich, 2013) y  $2 \text{ m}^3$  (Liu, 2012). El proyecto LIFE ANADRY contempla la operación de un prototipo pre-industrial con el fin de evaluar y demostrar la viabilidad de la digestión anaerobia seca como una tecnología adecuada para la gestión de lodos, en el que se

aborda la implantación del proceso en dos rangos de temperatura: mesófila ( $35^\circ\text{C}$ ) y termófila ( $55^\circ\text{C}$ ). El estudio se ha realizado tanto a nivel experimental como utilizando herramientas de simulación que permiten analizar la implementación a escala real de la solución técnica y su posible transferibilidad a otros escenarios de interés.

El consorcio del proyecto cuenta con representantes del sector público (ESAMUR) y privado, tanto de perfil empresarial (DAM – coordinador, INDEREN) como del ámbito tecnológico (Ceit-IK4), y tiene un socio para diseminación (SEMIDE) cuyo papel principal es difundir el proyecto y mostrar la viabilidad de una solución reproducible en otras áreas y escenarios, llegando a un número elevado de potenciales usuarios finales

de la tecnología y profesionales del sector del agua y los residuos.

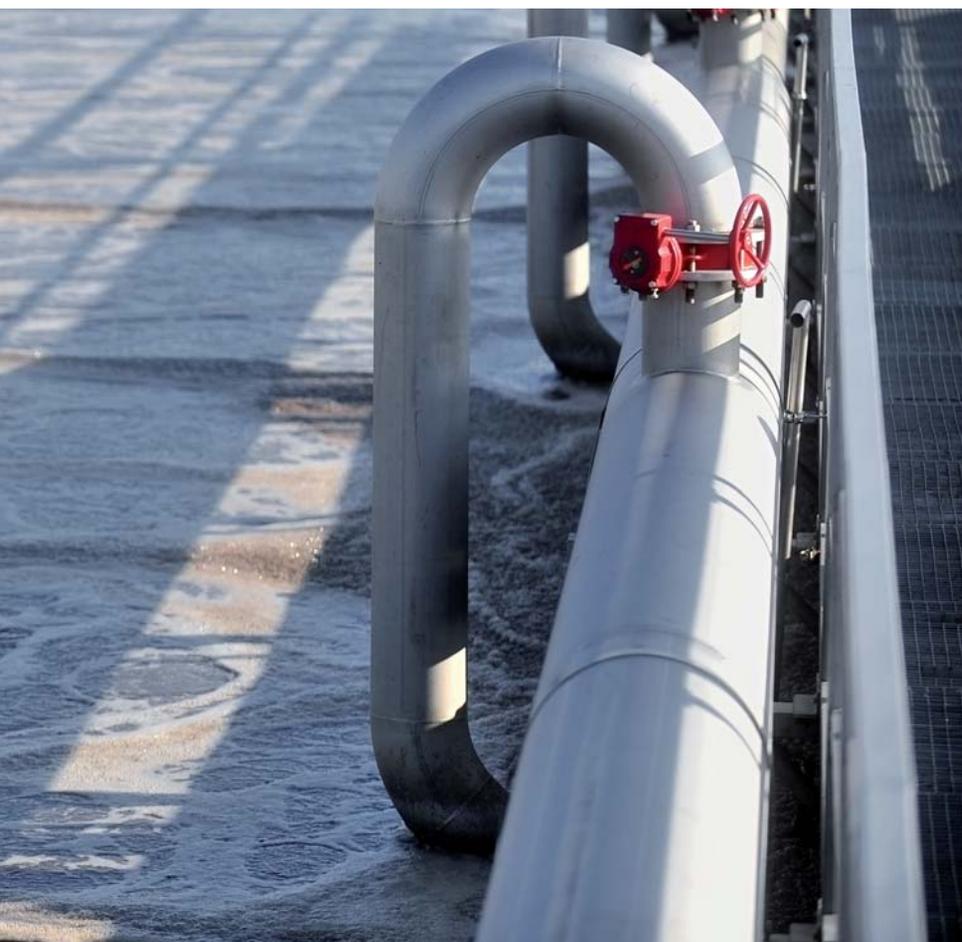
## PLATAFORMA EXPERIMENTAL

El entorno de demostración del proyecto LIFE ANADRY es la EDAR urbana de Alguazas (Murcia) (Figura 1), que da cobertura a una población equivalente de 60.000 hab. eq. y recibe un caudal medio de  $3500 \text{ m}^3/\text{d}$ . En esta depuradora existe un aporte agroindustrial importante sujeto a la estacionalidad de los cultivos, y el tratamiento biológico principal por el que se trata el agua residual es la aireación prolongada.

El prototipo demostrativo LIFE ANADRY (Figura 2) tiene un volumen de  $20 \text{ m}^3$  y se alimenta con lodo deshidratado de la propia depuradora. Cuenta con una caldera dual para poder aprovechar el biogás con fines de calentamiento y auto-suficiencia energética, y un sistema de agitación que permite la mezcla completa del lodo deshidratado. El prototipo tiene una capacidad suficiente como para llegar a tratar hasta el 20% del lodo deshidratado que se produce en la EDAR de Alguazas.

## RESULTADOS DE LA FASE TERMÓFILA

Durante el arranque del proceso termófilo, el digestor fue inoculado con  $16 \text{ m}^3$  de biomasa termófila procedente de un digestor anaerobio que trata la fracción orgánica de los residuos sólidos urbanos (FORSU). El digestor se operó inicialmente con un tiempo de retención de 20 días, lo cual produjo un aumento de los AGV hasta concentraciones de  $34 \text{ g HAC L}^{-1}$ . Con el fin de controlar la concentración de AGV, se ajustó el TR a 40 días. No obstante, el aumento del tiempo de retención favoreció la liberación de nitrógeno amoniacal, que alcanzó valores superiores a  $6.000 \text{ mg N L}^{-1}$ . Con el fin de solventar una posible inhibición, se aumentó la



carga orgánica volumétrica, reduciendo el TR a 30, 20 y 15 días sucesivamente, lo cual favoreció la bajada de niveles de nitrógeno amoniacal y un aumento considerable de la producción de biogás hasta 17m<sup>3</sup> día<sup>-1</sup> y del contenido de metano en el biogás. La operación en condiciones termófilas garantizó la completa higienización del lodo de Alguazas (Tabla 1).

**RESULTADOS DE LA FASE MESÓFILA**

El arranque del proceso mesófilo, se realizó con un inóculo procedente de un digester anaerobio mesófilo de una EDAR urbana cercana a Alguazas. Durante el proceso mesófilo, el pH se ha mantenido alcalino en 8,3, con una concentración de AGV inferior al proceso anterior de 4.000 ± 1.108 mg HAc L-1. Debido a la menor temperatura empleada, los valores de nitrógeno amoniacal total se han mantenido más estables e inferiores a 4.000 mg N L-1. Se ha obtenido una máxima producción de biogás de 29,4 m<sup>3</sup> dia-1, con una composición estable de metano superior al 60%. Los resultados para los patógenos contemplados en la Orden AAA/1072/2013 se incluyen en la Tabla 1, que indican una reducción de patógenos del lodo.

**IMPLEMENTACIÓN DE LA SOLUCIÓN LIFE-ANADRY EN EL CASO DE ALGUAZAS**

Mediante el desarrollo y empleo de avanzadas herramientas de simulación, se ha llevado a cabo un estudio para analizar el impacto de instalar la tecnología Anadry a escala real en el caso de la propia depuradora de Alguazas. Las simulaciones se realizaron empleando la plataforma de simulación WEST y la metodología Plant-Wide Modelling (PWM) desarrollada en Ceit-IK4 (Fernández-Arévalo, 2017). Para ello es necesario re-



Figura 1. EDAR urbana de Alguazas (Murcia) en la que se realiza la demostración del proyecto LIFE ANADRY



Figura 2. Prototipo LIFE-ANADRY

Tabla 1. Resumen de fase termófila y mesófila de la operación del prototipo LIFE ANADRY					
Parámetro	Unidad	Termófila (55°C)		Mesófila (35°C)	
		Influente	Efluente	Influente	Efluente
Q	Kg/d	500		>900	
ST	%	15	12,5	13,15	10,5
MV	%	76	60	81	69,2
pH		7,1 ± 0,5	7,5 ± 1,2	7,1 ± 0,5	8,1
<i>Salmonella spp.</i>	presencia 25 g	(+)	(-)	(+)	(-)
<i>E. coli</i>	UCF/100 ml	6,9x10 <sup>4</sup>	<10	5x10 <sup>4</sup>	<40



alizer un análisis de los datos experimentales, la construcción de los modelos matemáticos y la calibración y validación de los mismos, lo que ya permite realizar la simulación del conjunto de la EDAR (Figura 3) y analizar el impacto de instalar en la misma la solución Anadry.

El modelo ha sido capaz de reproducir los parámetros de proceso de la digestión seca durante el periodo de operación de la planta, tales como el Nitrógeno Amoniaco y la producción de Biogás (Figura 4).

En cuanto a la integración de la tecnología Anadry en la EDAR de Alguazas, se consideró un volumen de digester de 135 m<sup>3</sup> y un HRT de 12 días mínimo para tratar la máxima producción de lodo generada en la EDAR. En la Figura 5 se pueden observar el caudal de biogás a lo largo de un año de operación, tanto en condiciones mesófilas como termófilas.

De acuerdo a los datos obtenidos, la valorización del biogás producido permitiría cubrir entre el 10 – 15% del requerimiento eléctrico de la EDAR de Alguazas teniendo en cuenta las necesidades del pre-tratamiento, centrifugas, sistemas de agitación, aireación biológica, recirculación externa, UV, etc. No obstante, estos valores están calculados teniendo en cuenta la operativa actual de la EDAR, pero la instalación de la solución ANADRY implicaría un cambio de operación en la línea de aguas, que a su vez traería una reducción de los consumos eléctricos por menores tasas de aireación y la producción de un lodo más biodegradable, mejorando ostensiblemente el rendimiento energético neto de la planta depuradora en un caso de implantación real de la solución propuesta.

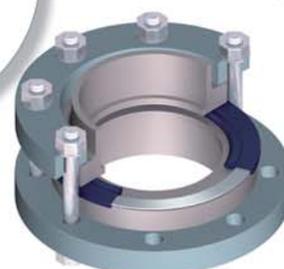
## CONCLUSIONES

El prototipo LIFE ANADRY ha demostrado ser una alternativa viable y eficaz para el tratamiento de lodos en depura-

[www.llaberiagroup.com](http://www.llaberiagroup.com)

## ¿Problemas con las juntas en las tuberías de plástico?

¡La solución perfecta la tenemos nosotros!



## ¡OLVÍDATE DEL REAPRIETE!

- ✓ Junta de caucho y acero
- ✓ Alma de acero
- ✓ Sellado hermético

## JUNTAS LLABERIA - KLINGER

Para más información:

 [gestioncomercial@llaberiagroup.com](mailto:gestioncomercial@llaberiagroup.com)



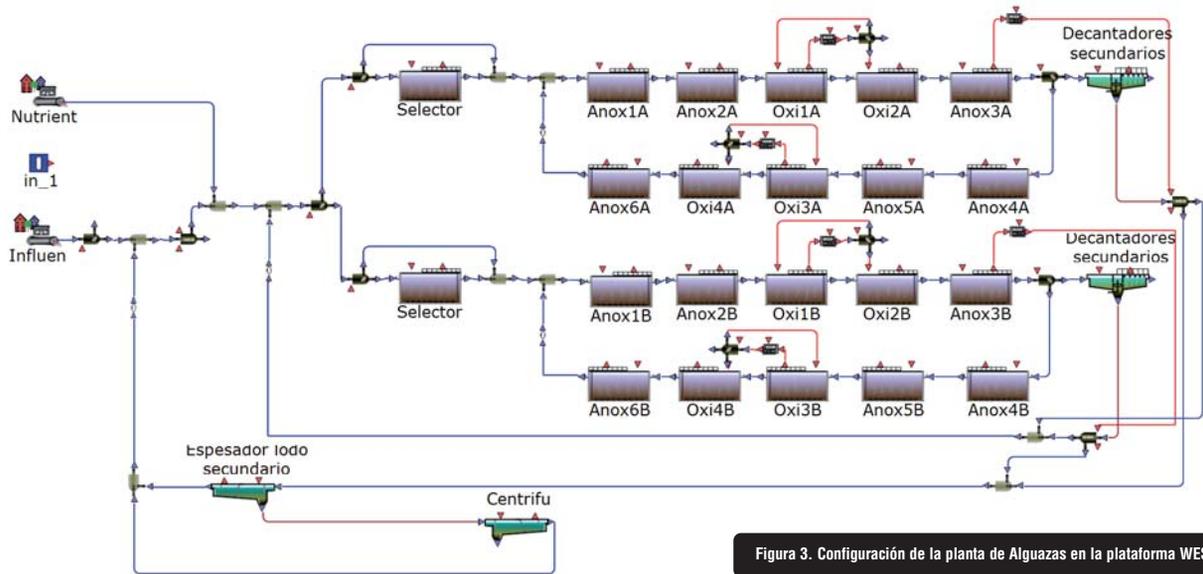


Figura 3. Configuración de la planta de Alguazas en la plataforma WEST

doras de pequeño / mediano tamaño, si bien la operación en condiciones termófilas presenta mayores dificultades de operación por los elevados niveles de nitrógeno amoniacal alcanzados. El grado de destrucción de patógenos ha sido elevado, alcanzándose la higienización completa en el rango termófilo de temperatura. Por otra parte, las herramientas de simulación han mostrado un gran potencial no solo para reproducir el proceso, sino también para analizar la viabilidad de implementar la tecnología en una depuradora concreta, así como para estudiar la transferibilidad de los resultados a otros casos de interés potencial.

**Agradecimientos**

Los autores agradecen la cofinanciación de este proyecto (LIFE14 ENV/ES/000524) al Programa LIFE de la Unión Europea.

**REFERENCIAS**

1. André L., Pauss A. and Ribeiro T. (2018) A Solid anaerobic digestion: State-of-art, scientific and technological hurdles. *Bioresource Technology* 247, 1027–1037.  
 2. APHA-AWWA-WEF (2005) Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 21st Edition.

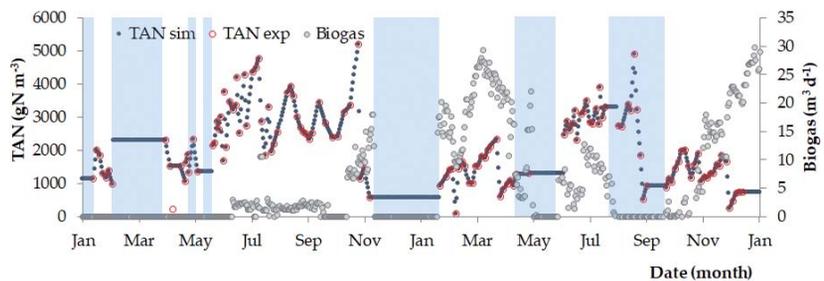


Figura 4. Datos experimentales y simulados de los valores de Nitrógeno Amoniacal y la producción de Biogás

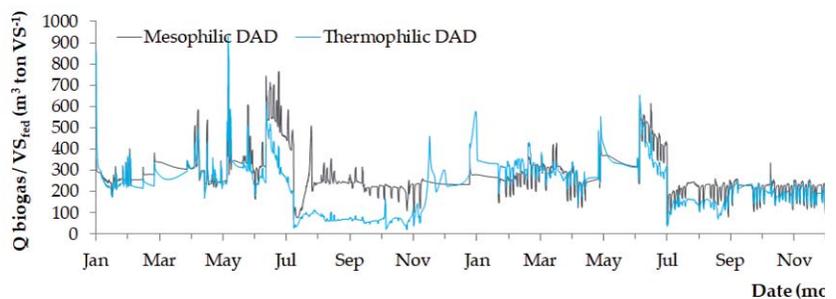


Figura 5. Rendimiento del proceso de producción de biogás en condiciones mesófilas y termófilas estimada mediante simulación en el escenario de implementación de la tecnología Andrya a escala real

3. Aymerich E., Esteban-Gutiérrez M. and Sancho L. (2013) Analysis of the stability of high-solids anaerobic digestion of agro-industrial waste and sewage sludge. *Bioresource Technology* 144, 107-114.  
 4. Liu X., Gao X., Wang W., Zheng L., Zhou Y. and Sun Y. (2012) Pilot-scale anaerobic co-digestion of municipal biomass waste: Focusing on biogas production and GHG reduction. *Renewable Energy* 44, 463-468.  
 5. Fernández-Arévalo T., Lizarralde I., Fdz-Polanco F., Pérez-Elvira S.I., Garrido J.M., Puig S., Poch M., Grau P. and Ayesa E. (2017). Quantitative assessment of energy and resource recovery in wastewater treatment plants based on plant-wide simulations. *Water Research*, 118, 272-288.