

# REDUCCIÓN DE LODOS GENERADOS EN ESTACIONES DEPURADORAS DE AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES

CANUT, J. DONATO, R. SÁEZ. SOLUCIONES INDUSTRIALES Y TRATAMIENTOS AMBIENTALES, S.L. (SITRA)

EL TRATAMIENTO DE LOS LODOS GENERADOS EN LOS PROCESOS PRIMARIOS Y SECUNDARIOS DE LAS EDAR CONSTITUYE UNA PARTE FUNDAMENTAL DE LAS PLANTAS, DADO QUE LA PRODUCCIÓN DE ESTOS RESIDUOS IMPLICA TENER QUE GESTIONARLOS PARA EVACUARLOS DE LA EXPLOTACIÓN. EL COSTE DE LA GESTIÓN DE LOS LODOS, PUEDE LLEGAR A SUPONER UN 50% DE LOS COSTES DE EXPLOTACIÓN DE LA DEPURADORA. POR ESTE MOTIVO, EN CUANTO AL TRATAMIENTO DE LODOS, LAS PRINCIPALES LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN QUE SE ESTÁN DESARROLLANDO EN ESTOS MOMENTOS EN EL SECTOR, SE BASAN EN EL DESARROLLO DE NUEVAS TECNOLOGÍAS PARA MINIMIZAR LA GENERACIÓN DE LODOS EN LA LÍNEA DE TRATAMIENTO DEL AGUA RESIDUAL, ADEMÁS DE EN LA VALORIZACIÓN ENERGÉTICA DE ESTE TIPO DE RESIDUOS.

Las Estaciones Depuradoras de Aguas Residuales (EDAR) son instalaciones donde se trata por diversos procesos las aguas residuales. Atendiendo al origen de esta agua, las depuradoras se pueden clasificar en depuradoras industriales; cuando tratan aguas procedentes de la industria y depuradoras urbanas; cuando tratan aguas procedentes de las áreas urbanas. Las principales diferencias entre estos dos tipos de agua residual (sobre todo en las aguas residuales procedentes de industrias agroalimentarias) es la cantidad de materia orgánica y materia inorgánica en suspensión, coloidal y disuelta. Generalmente, las aguas residuales industriales presentan una mayor carga contaminante, nutrientes descompensados, contaminantes específicos y por ello, requieren de unos tratamientos específicos para su tratamiento.

Habitualmente, un proceso de depuración consta de un pre-tratamiento con coagulación-floculación para eliminar sólidos, seguido de una clarificación o decantación primaria, donde las aguas son separadas de los lodos, los cuales en este

punto del proceso, se denominan lodos primarios. Posteriormente, el agua pasa a un tratamiento secundario que consta en primer lugar, de un tratamiento biológico donde mayoritariamente se reduce la carga contaminante del agua y después; una decantación secundaria o clarificación, donde se vuelve a separar el agua de los lodos secundarios. El agua sale de la EDAR y puede ser vertida a cauce público o ser reutilizada en el proceso industrial, siempre y cuando se le aplique un tratamiento terciario que permita que el agua tratada disponga de la calidad óptima para poder ser reutilizada.

## **Estrategias para la reducción de lodos en EDAR**

El tratamiento y gestión de fangos, se está convirtiendo en uno de los problemas más importantes de un gran número de plantas depuradoras. Los objetivos que actualmente se plantean, para la mejora del tratamiento de los lodos de EDAR se resumen en los siguientes:

- Reducción de la cantidad de lodos en la línea de agua y el volumen final genera-

do, con lo que se disminuirán los costes en la gestión de lodos y su disposición final.

- Reducción del porcentaje de sólidos suspendidos volátiles (SSV), estabilizando y reduciendo la presencia de patógenos y evitando la producción de malos olores.

- Recuperar compuestos de valor o de energía de los lodos generados, maximizando los beneficios potenciales de su tratamiento.

Para conseguir estos objetivos fundamentales en la línea de fangos de las EDAR, se realizan una serie de procesos básicos asociados a cada una de las tecnologías de tratamiento de lodos. Estos son:

- Espesamiento: por gravedad o por flotación.

- Estabilización: por digestión aerobia, digestión anaerobia (biometanización) o compostaje (tras el proceso de deshidratación).

- Deshidratación: por filtros banda, centrífugas y filtros prensa.

La línea de tratamiento de lodos comienza con el espesado de los lodos primarios y secundarios que consiste en un prepro-

cesado de los lodos antes de la deshidratación en un tanque que con ayuda de la gravedad, provoca la sedimentación de las partículas a unas piquetas que mediante el lento giro del espesador, provocado por un grupo motorreductor, envían los fangos a la parte inferior del mismo donde se incrementa la proporción de materia sólida y unas barrederas los evacúan. Este proceso también se puede producir por la flotación de los fangos obteniendo fango concentrado como resultado de la unión de burbujas de aire a los sólidos, lo que provoca una reducción de la densidad de los mismos hasta valores inferiores a los del agua.

Posteriormente, los lodos son estabilizados para disminuir su capacidad de producción de olores y putrefacción rápida. Así mismo, se produce la higienización del fango para obtener un producto libre de patógenos. Existen diversos métodos de estabilización: Estabilización con cal, higienización térmica (pasteurización), digestión anaerobia, digestión aerobia y compostaje, aunque los más habituales son la estabilización química, la digestión aerobia y anaerobia.

A continuación, se presenta una tabla con las ventajas e inconvenientes de los principales procesos de estabilización de los lodos.

Una vez estabilizados, el agua contenida en los lodos es eliminada mediante un proceso conocido como deshidratación, cuya finalidad es elevar el contenido de materia seca del 3-4% al 20-30%, para hacer el producto más manejable y transportable.

En resumen, las estrategias contempladas en la actualidad, para la reducción de

lodos de EDAR, pasan por actuar directamente sobre la generación de fangos en la línea de agua de las EDAR u optimizar el tratamiento de los mismos, en la línea de fangos, priorizando su aprovechamiento como fuente de energía y/o biofertilizante.

**Estrategias de minimización de la generación de lodos en la línea de aguas de las EDAR**

La minimización en origen de la producción de lodos en las EDAR, suele llevarse a cabo a partir de las siguientes estrategias: – Combinación de tecnologías y procesos de tratamiento de aguas con menor producción específica de lodos (kg SS/kg DQO eliminada). Entre los tratamientos existentes en la línea del agua, los que mayor cantidad de lodos generan son los tratamientos físico-químicos, los cuales producen fangos que están compuestos por sólidos suspendidos y los productos químicos utilizados para el tratamiento de coagulación-floculación, seguidos de los tratamientos biológicos; donde la cantidad de lodo producida depende del tipo de proce-

so, tecnología utilizada y el control operativo del proceso. Los tratamientos biológicos aerobios generan mayor volumen de lodos que los biológicos anaerobios.

Por lo que respecta a los procesos biológicos, el anabolismo se mide por medio del rendimiento en producción de biomasa “Y” (Yield), cantidad de microorganismos (como sólidos en suspensión volátiles) que se crean al degradar una determinada cantidad de Demanda Química de Oxígeno (DQO).

Esta cinética del proceso está basada en la velocidad con que se multiplican las bacterias (crecimiento celular) y la velocidad con que las bacterias eliminan el sustrato orgánico. Los reactores biológicos operan en un pequeño intervalo de la totalidad de la curva ilustrada en la figura 3, ya que el sistema tiende a trabajar con concentraciones de sustrato relativamente constantes en fase estacionaria.

Por tanto, la tendencia en la producción de fango en exceso en los reactores biológicos, en función de la carga másica y la edad del fango, muestran que los sistemas

Parámetro	Estabilización química	Digestión aerobia	Digestión anaerobia
Destrucción materia volátil (MV)	Inexistente	Menor	Mayor
Reducción sólidos totales (ST)	< o (genera más)	Menor	Mayor
Velocidad degradación	-	Menor	Mayor
Subproductos	-	CO <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> O, NO <sub>3</sub>	CH <sub>4</sub> , CO <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> O, NH <sub>4</sub> , H <sub>2</sub> S
Carga orgánica sobrenadante	-	Menor (<500 mg/L DBO <sub>5</sub> )	Mayor (>500 mg/L DBO <sub>5</sub> )
Deshidratación	Excelente	Regular	Buena
Flexibilidad cargas/tóxicos	Mayor	Mayor	Menor
Coste explotación	Mayor	Mayor	Menor
Facilidad explotación	Mayor	Mayor	Menor

Tabla 1. Comparativa entre tratamientos de estabilización de lodos.

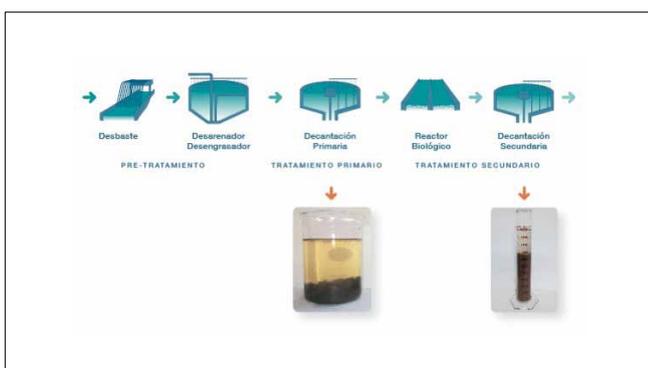


Figura 1. Esquema general del tratamiento en la línea de agua de una EDAR.



Figura 2. Esquema general del tratamiento de lodos en EDAR.

con una menor producción de fangos son aquellos en los que se trabaja con edades de fango altas como son los de aireación prolongada, biorreactores de membrana (MBR) y sistemas de biopelícula.

– Monitorización, control y operación de los procesos de depuración en base a parámetros de proceso y ratios orientados a un menor Yield ( $Y = f(\text{carga másica, edad del fango, purga, nivel de sólidos suspendidos en licor mezcla})$ ). Una óptima operación y control del proceso biológico de una EDAR en cuestión, puede conllevar una importante minimización de la producción de fangos. Un control equitativo de las purgas, edad del fango y concentración de sólidos suspendidos en reactor biológico, puede llevar asociado además, la minimización de los costes energéticos asociados a los procesos de aireación de reactores biológicos.

– Desintegración de la recirculación para la destrucción de los flocúlos por medios físicos, térmicos o químicos como son la alta presión, hidrólisis térmica, sonicación, ozonización, etc.

– La alteración del metabolismo celular con la adición de disruptores de la biomasa. Además, la alteración de las condiciones redox en procesos con régimen aeróbico, anóxico y anaerobio promete ser una estrategia prometedora para reducir los lodos en un 50% frente a los procesos convencionales.

**Estrategias de optimización del tratamiento/aprovechamiento de los lodos generados en la línea de fangos**

Las estrategias generales de tratamiento de lodos en la línea de fangos y las tecnologías asociadas al aprovechamiento de los mismos (suponiendo a los lodos como

un recurso y no como un residuo) son las siguientes:

– Monitorización y automatización de etapas y procesos en línea de fangos. Esto puede conseguirse mediante:

- La homogeneización del lodo, manteniendo constantes los ratios de floculante.
- Controlando los caudales en la línea de fango y operando en función del ratio: g floculante/g sólido en suspensión.
- Instalando un sistema de preparación de productos químicos adecuado, que permita una disolución, maduración y dosificación de los reactivos de forma óptima.
- Controlando la cantidad de retornos.
- Haciendo un balance de sólidos en la línea de fangos incluyendo los retornos e incluso el nitrógeno.

– Incorporación de procesos de recuperación de materiales y/o energía. El potencial de recuperación, es función del porcentaje de sólidos inertes y de los sólidos volátiles biodegradables y no biodegradables. En función del objetivo de cada depuradora, podrán utilizarse algunos de los procesos presentados en la tabla 2. Resultando la digestión anaerobia la vía de recuperación de energía más extendida a partir de la producción de biogás derivada del proceso. La tabla 2 indica diversas opciones de mejora de la digestión anaerobia.

La digestión de lodos anaerobia, consiste en un proceso biológico de fermentación por bacterias anaeróbicas en ausencia de oxígeno, donde se genera metano. Las fases que comprenden este proceso son: la hidrólisis; para solubilizar los compuestos orgánicos (etapa limitante), la acidogénesis; para transformar carbonos orgánicos solubles en ácidos orgánicos y la metanogénesis; donde se transforman estos

ácidos orgánicos en metano y dióxido de carbono.

Como sistema de optimización de la digestión anaerobia en cuanto a la minimización del volumen de lodos, cabe destacar el pre-tratamiento de los lodos mediante la adición de diversos productos químicos o la inclusión de otras tecnologías, que permitirán conseguir, por una parte, una mayor lisis celular solubilizando de este modo el material intracelular a la fase acuosa; y, por otra parte, una mayor biodegradabilidad de la materia orgánica al transformar la materia orgánica refractaria en especies biodegradables, lo que conllevará una mayor producción de biogás y una mayor reducción de sólidos suspendidos volátiles, patógenos y sustancias prioritarias/contaminantes emergentes.

Destacar en este punto, una nueva tecnología desarrollada por FACSA (Sludge4energy, Figura 4), cuyo objetivo es la maximización de la obtención de energía a partir de lodos mediante la combinación de procesos sinérgicos de oxidación y digestión anaerobia en doble fase de temperatura. Los resultados de esta nueva tecnología, demuestran un aumento en la producción de biogás en torno a un 59% respecto a condiciones normales (digestión anaerobia mesófila).

**Conclusiones**

Durante los últimos años, los gestores del sector del agua han visto cómo los costes de residuos han adquirido mayor importancia en la estructura de costes de su actividad. Tanto es así que la constante tendencia al alza del precio de la gestión de residuos, el poco espacio para su almacenamiento en algunas instalaciones y la mayor concienciación social en materia

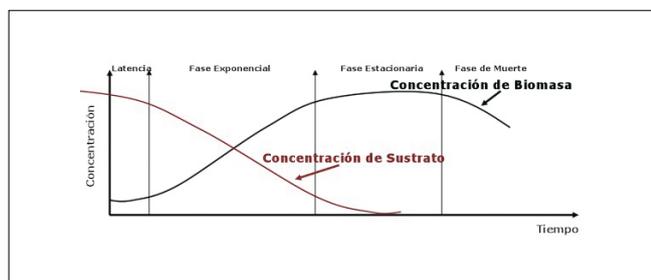


Figura 3. Curva de crecimiento microbiano y consumo de sustrato.

Conversión térmica	Digestión anaerobia
Incineración	Codigestión
Gasificación	Digestión termofílica (55°C)/hipertemofílica (70°C)
Pirólisis	Digestión en dos fases: acidogénica+metanogénicas (TPAD)
SCWO	Pretratamientos del lodo
Steam reformation	

Tabla 2. Procesos de recuperación de energía.

Pre-tratamiento	Tecnología
Hidrólisis térmica	Combinación de temperatura (>100°C), presión (6-20 bar), tiempo (30-60 min). Se higieniza el lodo. / Cambio®, BioThelys®
Hidrólisis alcalina	NaOH (pH 12), temperatura (80-150°C), incremento de presión (80 bar), despresurización brusca. / MicroSludge™
Ultrasonidos	Cavitación inducida, 20-40 Hz parálisis celular, 107 J/Kg ST Sonix
Cavitación hidrodinámica	CROWN®
Centrifugación	—

Tabla 3. Procesos establecidos para incrementar la eficiencia de la digestión anaerobia.



Figura 4. Planta piloto SLUDGE4ENERGY (Fuente: Fomento Agrícola Castellonense, S.A, FACSA).

medioambiental obliga, cada vez más, a las empresas a desarrollar estrategias de tratamientos de fangos, asociadas a la reducción de costes de gestión.

El *know-how* adquirido por SITRA durante sus años de experiencia en el sector de tratamiento de aguas industriales, demuestra que la mejor opción para minimizar el almacenamiento y transporte de lodos para su tratamiento y uso, se basa por una parte en combinar tecnologías y pro-

cesos de tratamiento de aguas con menor producción específica de lodos (kg SS/kg DQO eliminado) y por otra parte; seleccionar tecnologías de tratamiento *in situ* de lodos más eficientes y que permitan una mejor monitorización y automatización de etapas y procesos en línea de fangos.

### Bibliografía

- *Disposal and recycling routes for sewage sludge* Comisión Europea 2002.
- H. Odegaard. *Sludge minimization technologies – an overview*. Water Science and Technology Vol 10 p 31-40. 2004.
- J. Mata et al. *Digestión anaerobia de fangos: posibles mejoras en su rendimiento*. III Jornadas técnicas de saneamiento y depuración de aguas residuales. ACA. 2007.
- *Review of Alternative Technologies for Biosolids Management* Greater Vancouver Regional District (Canada) 2005.
- *Emerging Technologies for biosolids management*, US EPA, September 2006.

Pre-tratamiento
Ozonización
Campos eléctricos pulsados
Hidrólisis enzimática
Microondas
Biorreactores de membrana anaeróbicos
Cavitación oxidativa
Ultrasonidos de alta intensidad

Tabla 4. Procesos emergentes para mejorar la eficiencia de la digestión anaerobia.

- *State of Science Report: Energy and Resource Recovery from Sludge*, Water Environment Research Foundation (WERF) 2008.
- *Charting the Future of Biosolids Management: Final report*. WERF. 2011.
- *Innovative approaches for the minimization of excess sludge in water lines factsheet*. ENV 2010.3.1.1-2. 2013.
- Silvestre Tormo, G.; Ruiz Fuertes, B.; Fiter Cirera, M.; Cabera, V.; Castell Martínez, D.; Alonso Hernández, S.; Querol Rodríguez, S.; Berlanga Clavijo, J.G.; Ferrer, C.; García Ventoso, M. *Mejora de la producción de biogás y la eliminación de sólidos volátiles durante la digestión anaerobia de lodos de EDAR mediante un sistema de doble fase ácido-gas*. *Tecnoaqua*, 8, 58-62, 2014.
- García, M.; Castell, D.; Cabrera, V.; Ferrer, C.; Canut, A.; Ruiz, B. and Fiter, M. (2013). *Maximizing energy production from sludge through oxidation and digestion processes*. “SLUDGE4ENERGY”. International Water Association, 13th World Congress on Anaerobic Digestion: Recovering (bio) Resources for the World., Santiago de Compostela, 25-28 Junio.
- [www.sludge4energy.es](http://www.sludge4energy.es) Sociedad de Fomento Agrícola Castellonense, S.A.

## Noticias Breves

### EVALUACIÓN DE LAS OPORTUNIDADES DE VALORIZACIÓN DE LOS DIFERENTES RESIDUOS ORGÁNICOS GENERADOS POR LAS EMPRESAS ASOCIADAS A ASAJA EN LA ZONA DE CAMPODER

Éste es un proyecto encuadrado en el programa LEADER: Fondo Europeo Agrícola de Desarrollo Rural gestionado por la Consejería de Agricultura y Agua de la Región de Murcia y desarrollado en colaboración entre ASAJA y el CTC

La zona de CAMPODER presenta una actividad agropecuaria muy importante y paralelamente una actividad industrial agroalimentaria asociada también muy importante. No cabe duda de que estas actividades generan una variedad y una cantidad de residuos orgánicos muy interesante para acometer acciones de valorización de los mismos con el doble objetivo de obtener un beneficio económico y mejorar la calidad ambiental de la actividad.

Cuando los restos se gestionan de forma inadecuada o se abandonan se agrava el riesgo de propagación de plagas y enfermedades, se incrementa el riesgo de un impacto ambiental negativo y se pierden oportunidades económicas de una correcta valorización de los mismos.

En este proyecto se ha obtenido información precisa sobre las características de los residuos orgánicos que se pretende valorizar: ubicación, estacionalidad, características físico-

químicas, análisis nutricional, contenido en materia orgánica, biodegradabilidad... Es decir, características de tipo logístico y analítico. Con esta información se puede llevar a cabo un estudio sobre el potencial de cada residuo para diferentes tipos de valorización y la capacidad o necesidad de combinarse con otros residuos de la zona para una mejor o adecuada valorización, así como informes preliminares de viabilidad económica de estas actuaciones de valorización. La conclusión más relevante que se obtiene el estudio es que en la actualidad existen una multitud de tecnologías de reciclado de gran interés y probadas en experiencias a escala industrial para la valorización de los restos vegetales que hacen posible que su gestión pueda generar un beneficio económico y ambiental lo suficientemente interesante como para plantearse la realización de las inversiones necesarias. Compostaje dirigido, biometanización, carbonización hidrotermal, extracción de compuestos de interés, elaboración de piensos animales, etc, etc, son tecnologías suficientemente probadas para priorizar el reciclado y la valorización frente a otros tipos de gestión y/o eliminación