

CASOS PRÁCTICOS DE DIGESTIÓN AVANZADA DE LODOS DE EDAR MEDIANTE TECNOLOGÍA DE HIDRÓLISIS TÉRMICA

Jornada “El Biometano en la Transición Ecológica” · Santander · 31 marzo 2023

Diego Fernández-Polanco · teCH4+

1. Introducción

Tomando como ejemplo de residuo orgánico el agua residual urbana, que se compone fundamentalmente de agua, materia orgánica y nutrientes, los principios de la economía circular dictan que el agua se transforme en un efluente de calidad, la materia orgánica en energía y los nutrientes en fuente de N y P de aplicación agrícola. Atendiendo únicamente al factor energía, la materia orgánica es directamente asimilable a energía, ya que de acuerdo con las leyes de la estequiometría y de la termodinámica el contenido energético de 1 kg DQO equivale a 3,48 kWh.

Así, y siguiendo el esquema simplificado de la Figura 1, el 60% de la energía contenida inicialmente en el agua residual se concentra en el lodo. Caso de contar con Digestión Anaerobia (DA), en este proceso se transforma, con elevados tiempos de residencia y rendimientos moderados, en biogás. Y deja como subproducto final un biosólido que hay que gestionar.

La digestión anaerobia, que sigue siendo una tecnología ambiental aunque tenga un importante vector energético, es pues la clave para conseguir más biogás y un biosólido de mejor calidad.

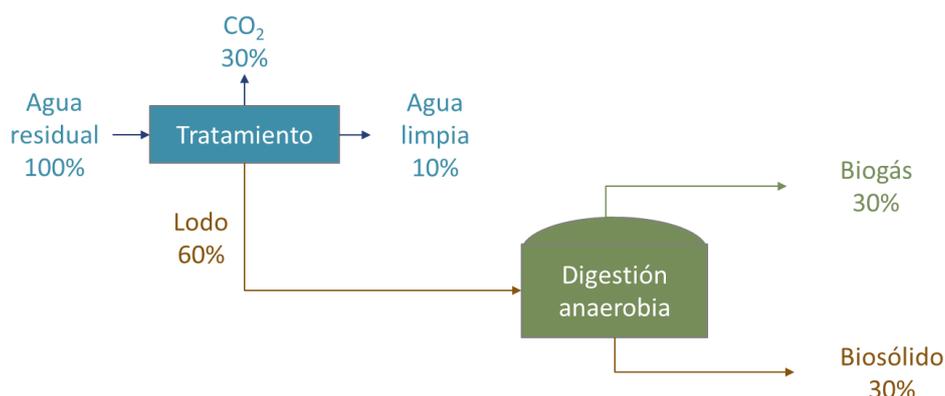


Figura 1. Esquema simplificado de energía en una EDAR convencional.

2. Tecnología de Hidrólisis Térmica (HT)

La digestión anaerobia engloba una serie de reacciones bioquímicas, llevadas a cabo por bacterias y arqueas especializadas, que convierten el material orgánico sólido en biogás. La cinética global del proceso está limitada por la etapa inicial de hidrólisis o solubilización de la materia orgánica. En consecuencia, el mejor enfoque para mejorar la cinética global es la aceleración de esta etapa limitante. Se han propuesto varios pre-tratamientos para llevar a cabo la etapa de hidrólisis previa a la digestión. Añadiendo dicho pre-tratamiento, los digestores se alimentan de material pre-hidrolizado que pasa inmediatamente a los posteriores mecanismos biológicos. Se han probado una gran variedad de procesos y tecnologías físicos, químicos y biológicos, como se indica en varias revisiones [1] [2] [3]. Estas comparaciones suelen concluir que la hidrólisis térmica (HT) es la tecnología que presenta las características técnicas y económicas más prometedoras, en parte porque consigue varios beneficios de forma simultánea (Figura 2) aumentando la producción de biogás, disminuyendo el volumen de lodo a gestionar e higienizando el lodo para posibilitar su aplicación agrícola.

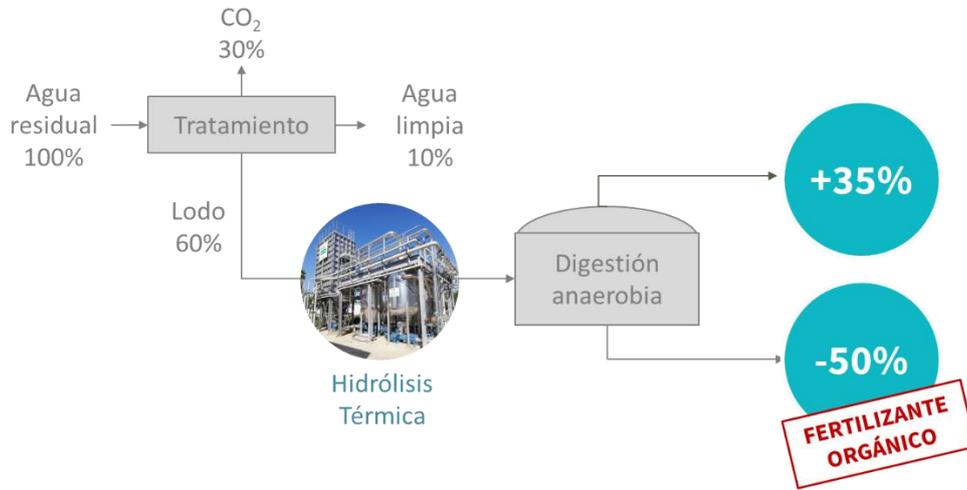


Figura 2. Digestión anaerobia avanzada mediante tecnología de hidrólisis térmica

Aunque el objetivo inicial era aumentar la producción de biogás, los factores que actualmente impulsan la HT son específicos en cada lugar y están relacionados con la legislación local y con los precios relativos de la gestión de lodos y de la energía. La Tabla 1 ilustra los tres efectos clave de la HT y su impacto en la DA y en los procesos de deshidratación.

Efecto de la HT	Impacto en DA & deshidratación. Objetivos
Mejora de biodegradabilidad	<ul style="list-style-type: none"> • Mayor rendimiento de biogás • Menor volumen de digestato • Mayor N, P en digestor y centrado (recuperación de nutrientes)
Destrucción de patógenos	<ul style="list-style-type: none"> • Biosólido Clase A de la EPA • Aplicación agrícola del biosólido
Cambios en la reología	<ul style="list-style-type: none"> • Menor energía de mezcla en digestores • Mejor deshidratabilidad, mayores concentraciones • Menor volumen de biosólido final

Tabla 1. Efectos clave de la HT

3. El Proceso Polanco

Las tecnologías de HT disponibles comercialmente se caracterizan por su forma de abordar tres cuestiones clave: los mecanismos de hidrólisis aplicados, el régimen operativo utilizado y el método de transferencia de calor empleado (Figura 3).



Figura 3. Parámetros caracterizadores de la tecnología de hidrólisis térmica

En este marco, el Proceso Polanco, así llamado en memoria de la persona que hoy homenajeamos, es una tecnología de hidrólisis térmica que opera en continuo y en régimen estacionario, que aplica un doble mecanismo de flash además del mecanismo térmico y que utiliza vapor vivo (Figura 4). Sus principales ventajas son un mayor rendimiento de biogás, un menor consumo de energía y una mayor estabilidad y controlabilidad.

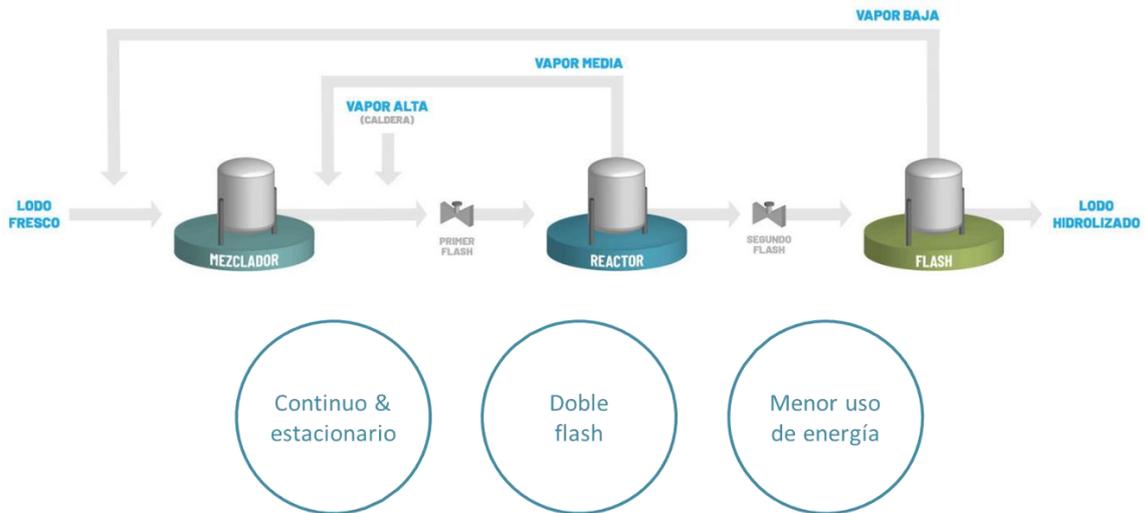


Figura 4. Diagrama del Proceso Polanco

4. *Casos prácticos*

Se recogen en esta sección una serie de casos reales de aplicación de la tecnología de hidrólisis térmica, resaltando sus peculiaridades más interesantes.

Caso 1 – EDAR Ceyhan (Turquía): HT como pre-tratamiento y diseño contenerizado

- La HT se ubica como pre-tratamiento a la DA (Figura 5). Esto reduce significativamente el volumen de digestión requerido, al operar con altas cargas orgánicas y concentraciones, por lo que es de especial interés en los diseños de plantas nuevas y en ampliaciones de las existentes.
- No es energéticamente autosuficiente, es decir el calor residual de los gases de escape del motor es insuficiente para satisfacer la demanda de vapor de la HT, por lo que es preciso quemar parte del biogás, penalizando la producción de electricidad.
- Se diseña una planta contenerizada, con unas dimensiones limitadas a las de un contenedor de 40 pies (Figura 6).

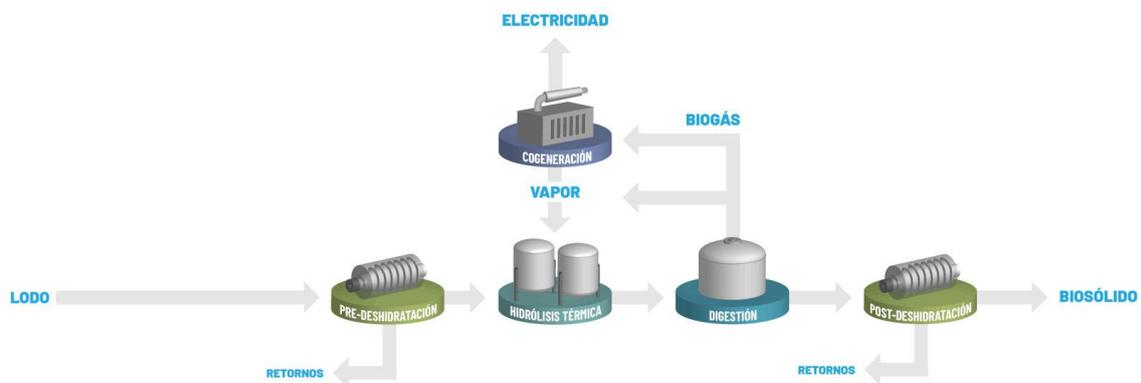


Figura 5. HT como pre-tratamiento



Figura 6. Planta de HT contenerizada. EDAR Ceyhan (Turquía).

Caso 2 – EDAR Guijuelo (Salamanca): Planta piloto para residuos de matadero

- Planta piloto parte de un proyecto europeo de I+D (Figura 7).
- Se comprobó que las condiciones de hidrólisis tienen poco impacto (Figura 8) ya que los rendimientos hidrolizando a diferentes temperaturas (140°C, 160°C, 180°C) y diferentes tiempos (15 min., 30 min.) son similares.
- Se obtuvieron diferentes mejoras del rendimiento de biogás al hidrolizar diferentes residuos (Figura 9):
 - Lodos EDAR y EDARi: incrementos del 60% - 80%.
 - Purines y sangre: incrementos del 8% - 10%.
 - Grasas: indeterminado (falta de aclimatación al inóculo).



Figura 7. Planta piloto para residuos de matadero

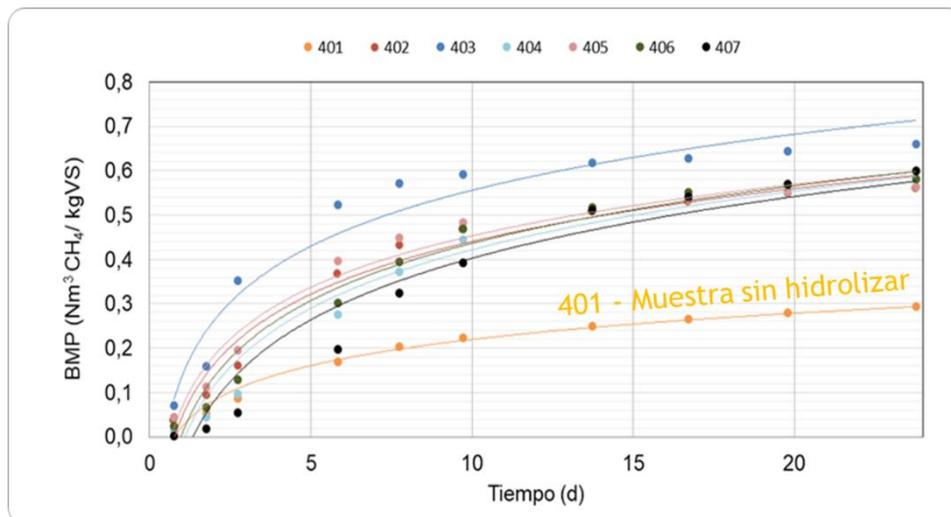


Figura 8. BMPs de muestras hidrolizadas en diferentes condiciones de tiempo y temperatura

401-403 lodos EDAR / 404-406 lodos EDARi / 407-409 purines / 410-411 sangre / 412-413 grasas

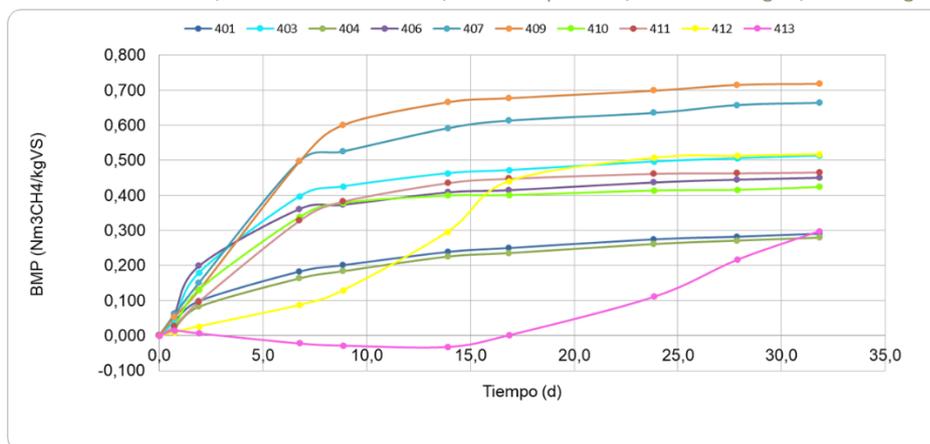


Figura 9. BMPs de diferentes residuos de matadero

Caso 3 – EDAR Copero (Sevilla): HT como inter-tratamiento

- La HT se ubica como inter-tratamiento (Figura 10). En esta configuración, el lodo mixto se digiere primero (pre-digestión), luego se hidroliza en la planta de HT (Figura 11) y finalmente se conduce a una nueva etapa de digestión (post-digestión).
- La mayor producción de biogás y electricidad mejora el balance energético y da como resultado la autosuficiencia energética de la HT (los gases de escape de los motogeneradores producen el vapor para la HT) y los mejores resultados operativos.
- Por su mayor volumen de digestión, esta configuración incurre en un gasto de capital más alto, por lo que será particularmente atractiva en plantas con digestores sobredimensionados.
- El lodo hidrolizado está higienizado (Tabla 2).
- Mejora el rendimiento de biogás (Figura 12):
 - Escenario original vs. inter-tratamiento con HT: +25%
 - Sin hidrolizar vs. hidrolizado: +55%

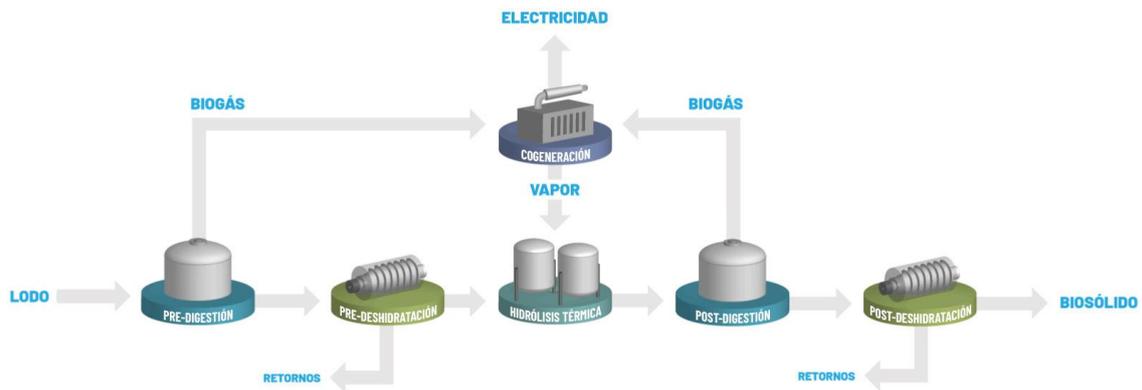


Figura 10. HT como inter-tratamiento



Figura 11. Planta de HT en la EDAR Copero (Sevilla)

	Lodo sin hidrolizar		Lodo hidrolizado	
	E. Coli (UFC/gr)	Salmonella (UFC/25 gr)	E. Coli (UFC/gr)	Salmonella (UFC/25 gr)
23/02/2021	13.000	DETECTADO	<1	NO DETECTADO
05/03/2021	17.000	DETECTADO	<1	NO DETECTADO
10/03/2021	17.000	DETECTADO	<1	NO DETECTADO
17/03/2021	26.000	DETECTADO	<1	NO DETECTADO
24/03/2021	20.000	DETECTADO	<1	NO DETECTADO
07/04/2021	13.000	DETECTADO	<1	NO DETECTADO
14/04/2021	11.000	DETECTADO	-	NO DETECTADO
28/04/2021	20.000	DETECTADO	<1	NO DETECTADO

Tabla 2. Análisis microbiológico de los marcadores (E. Coli y Salmonella).

Fuente: XVII Jornadas Técnicas Facsa. Integración del proceso de hidrólisis térmica en la línea de lodos de la EDAR Copero. Junio 2022.

M5: fango fresco
 M6: salida HT (165°C)
 M3: salida HT (140°C)
 M4: entrada HT

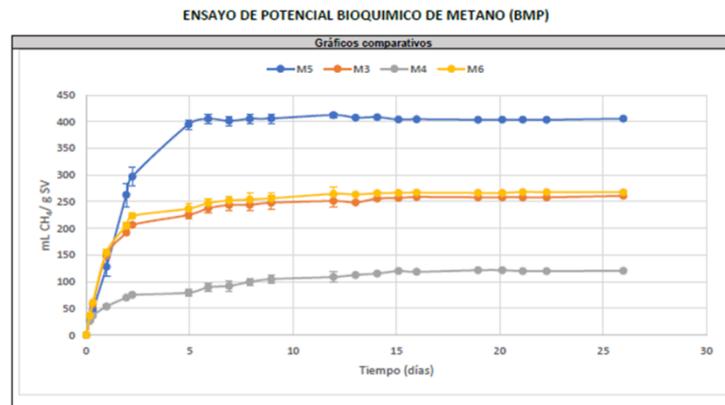


Figura 12. BMPs de los diferentes fangos de la EDAR Copero (Sevilla).

Caso 4 – Planta de biometanización Las Dehesas (Valdemingómez): Planta piloto para FORSU

- Planta piloto parte de un proyecto europeo de I+D (Figura 13).
- Experiencia pionera de hidrólisis de la Fracción Orgánica del Residuo Sólido Urbano (FORSU).
- Gran parte de las complejidades se encontraron en el pre-tratamiento mecánico de la alimentación a la HT (ej. eliminación de impropios y generación de una alimentación homogénea con diámetro de partícula adecuado).
- Por las características del proyecto de I+D, los esfuerzos se centraron en conseguir un hidrolizado con alta DQO soluble y se obtuvieron valores mayores de 20.000 mg/L.



Figura 13. Planta piloto de HT para FORSU.

Caso 5 – EDAR Pinedo (Valencia): HT solo del fango biológico

- Se hidroliza solo el fango biológico (Figura 14), que por su composición (principalmente exopolímeros y bacterias) es mucho menos biodegradable que el fango primario.
- La principal desventaja es que no consigue higienizar el lodo digerido.
- Al no hidrolizarse el fango primario, el balance de energía mejora enormemente, a la vez que disminuye el tamaño de la planta de HT.
- Esta puede ser la configuración óptima si la higienización de biosólidos no es uno de los objetivos del proyecto.
- En este proyecto se puso una especial atención a la integración del proceso de HT dentro de la EDAR, que es un aspecto de suma importancia (Figura 15).

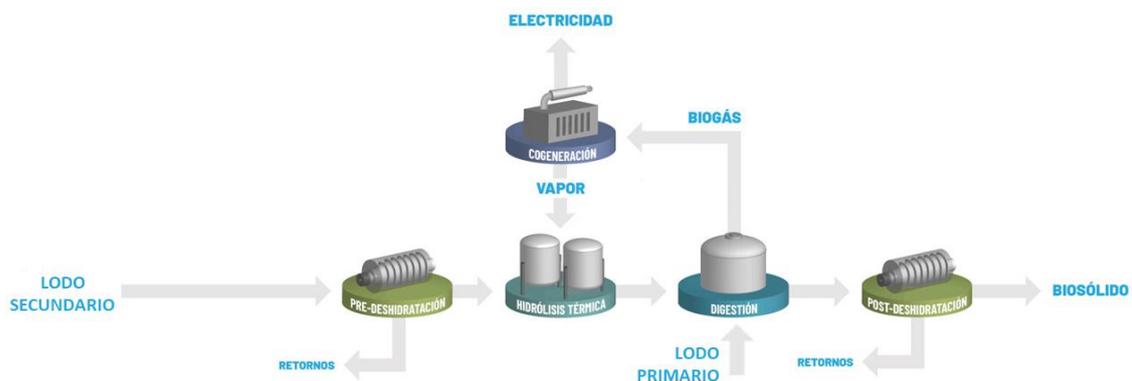


Figura 14. HT sólo de fango secundario



Figura 15. Integración de la HT en la EDAR Pinedo (Valencia). De izq. a dcha.: sala de centrífugas, silo intermedio (marrón), planta de HT y sala de caldera.

Caso 6 – EMASESA (Sevilla): Modelo integrado de gestión de lodos

- EMASESA ha enfocado la gestión de todos sus lodos de manera global, bajo el paraguas de proyecto MITLOP (Modelo Integrado de Gestión de Lodos de Depuración y de otros residuos orgánicos).
- De las cuatro grandes depuradoras de Sevilla, dos se clausuran (EDAR San Jerónimo y EDAR Tablada), una se amplía para tratar esa agua (EDAR Copero) incorporando una segunda línea de HT en la línea de fangos y una (EDAR Ranilla) se adecúa con la instalación de una nueva planta de HT (Figura 16).



Figura 16. Planta de HT en la EDAR Ranilla (Sevilla).

Caso 7 – SOMACYL (Castilla y León): Centro regional de gestión de lodos

- SOMACYL está construyendo, en los terrenos adyacentes a la EDAR Cabezón de Pisuerga (Valladolid), un centro de tratamiento de lodos de multitud de pequeñas depuradoras que cuentan con aireación prolongada y deshidratación, pero no con digestión.
- Este centro regional incorporará tecnología de hidrólisis térmica para maximizar el biogás generado.
- El biogás se purificará en un upgrading, y el biometano resultante se inyectará en gasoducto.

6. Referencias

- [1] Pérez-Elvira, S.I., Nieto Diez, P., Fdz-Polanco, F. Sludge minimisation technologies. *Rev Environ Sci Biotechnol* 2006; 5: 375–398. <https://doi.org/10.1007/s11157-005-5728-9>
- [2] Carrère, H., Dumas, C., Battimelli, A., Batstone, D. J., Delgenès, J. P., Steyer, J. P., Ferrer, I. Pretreatment methods to improve sludge anaerobic degradability: A review. *J Hazardous Mater* 2010;183(1-3):1-15. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2010.06.129>.
- [3] Cano, R., Pérez-Elvira, S. I., Fdz-Polanco, F. Energy feasibility study of sludge pretreatments: A review. *Appl Energy* 2015;149:176-185. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2015.03.132>.
- [4] Lancaster R. Thermal hydrolysis at Davyhulme WWTP—One year on. *Proceedings of WEF Residuals and Biosolids*. Washington DC 2015.
- [5] Chauzy, J., Cretenot, D., Bausseron, A., Deleris, S. Anaerobic digestion enhanced by thermal hydrolysis: First reference BIOTHELYS® at Saumur, France. *Water Pract Technol* 2008;3(1):1-8. <https://doi.org/10.2166/wpt.2008.004>.
- [6] Theodoulou M, Bonkoski N, Harrison D, Keutgen H. Sludge hydrolysis: comparing performance of biological & thermal advanced digestion full scale facilities. *European Biosolids and Organic Resources Conference* Edinburgh, Scotland 2016.
- [7] Williams, T.O, Burrowes, P. Thermal Hydrolysis Offerings and Performance. *European Biosolids and Organic Resources Conference*. Edinburgh, Scotland 2016.