26
AÑOS DE TRAYECTORIA
1987 - 2013

RETEMA

Revista Técnica de Medio Ambiente

www.retema.es NUEVA WEB

Nº 167 MAYO - JUNIO 2013

Proyecto de eliminación de la contaminación química en el embalse de Flix

Página 9

TRATAMIENTO Y GESTIÓN DE AGUAS

Descontaminación del embalse de Flix
EDAR de Aduna (Guipúzcoa)
EDAR Arroyo Quiñones (Madrid)
Proyectos y obras Latinoamérica

Artículos / Proyectos / Directorio de Empresas
Actualidad / Novedades / Nuevas Tecnologías

bombas IDEAL since 1902 desde

UNA EXPERIENCIA PROBADA Y LA CAPACIDAD DE INNOVACIÓN CONSTANTE SON LA GARANTÍA DE CALIDAD DE BOMBAS IDEAL S.A.

BOMBAS IDEAL
P.I. Mediterraneo - C/ Cid, 8 - 46550 Massalfassar (Valencia)
Tel. 902 203 400 - Fax: 902 733 818
www.bombasideal.com

26
AÑOS DE TRAYECTORIA
1987 - 2013

RETEMA
Revista Técnica de Medio Ambiente

EDITA
C & M PUBLICACIONES, S.L.

DIRECTOR
Agustín Casillas González
agustincasillas@retema.es

PUBLICIDAD
David Casillas Paz
davidcasillas@retema.es
Marlene Jaimes Gómez
marlenejaimes@msn.com

REDACCIÓN, ADMINISTRACIÓN, PUBLICIDAD Y SUSCRIPCIONES
C/ Jacinto Verdaguer, 25 - 2º B - Esc. A
28019 MADRID
Tels. 91 471 34 05
Fax 91 471 38 98
info@retema.es

REDACCIÓN
Luis Cordero
luiscordero@retema.es

ADMINISTRACION Y SUSCRIPCIONES
Silvia Lorenzo
suscripciones@retema.es

EDICIÓN Y MAQUETACIÓN
Dpto. Propio

IMPRIME
GRÁFICAS LID

Suscripción 1 año (6 + 2 núm.): 90 €
Suscripción 1 año resto de europa: 160 €
Suscripción 1 año resto de paises (Air mail): 180 €
Suscripción Digital 1 año: 55 €

Depósito Legal M.38.309-1987
ISSN 1130 - 9881

La dirección de **RETEMA** no se hace responsable de las opiniones contenidas en los artículos firmados que aparecen en la publicación.
La aparición de la revista **RETEMA** se realiza a meses vencidos.

© Prohibida la reproducción total o parcial por cualquier medio sin autorización previa y escrita del autor.

SUMARIO

MAYO - JUNIO 2013
AÑO XXVI - Nº 167

REPORTAJE
ELIMINACIÓN DE LA CONTAMINACIÓN QUÍMICA EN EL EMBALSE DE FLIX (TARRAGONA)
Página 9

PROYECTO ADECAR: DESIONIZACIÓN CAPACITATIVA APLICADA A LA REUTILIZACIÓN DE AGUAS RESIDUALES
Página 30

REPORTAJE
EDAR DE ADUNA (GUIPÚZCOA)
Página 39

PROYECTO SLUDGE4ENERGY, OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE DIGESTIÓN ANAEROBIA DE LODOS DE EDAR
Página 48

BUENAS NOTICIAS PARA LAS TABLAS DE DAIMIEL. ACUAES INVIERTE 15 M€ PARA MEJORAR LA CONSERVACIÓN DEL PARQUE NACIONAL.
Página 58

REPORTAJE
EDAR ARROYO QUIÑONES (MADRID)
Página 65

MINERALIZACIÓN DE LOS NUTRIENTES DE LOS LODOS DE EDAR HIGIENIZADO CON CAL
Página 74

ESPECIAL LATINOAMÉRICA
Página 84 - 107

NOTICIAS DEL SECTOR AGUAS
Páginas 36 - 62 - 80 - 112

www.retema.es

Proyecto SLUDGE4ENERGY

Optimización del proceso de la digestión anaerobia de lodos de EDAR mediante la aplicación combinada de pre/post-tratamiento con ozono y digestión anaerobia en doble fase ácido-gas y de temperatura. Experiencia en la EDAR de Castelló de la Plana.

Silvestre, Gracia[1]; Ruiz, Begoña[1]; Fiter, Mireia[1]; Canut, Albert[1]; Castell, David[2]; Cabrera, Vicente[2]; García, Mairena; Berlanga, J. Guillermo[2]; Badenes, Cristóbal[3]; Beltrán, Inés[3]; Ferrer, Carlos[2].

[1]AINIA, Centro Tecnológico. [2]FACSA. [3]Ajuntament de Castelló de la Plana.

RESUMEN

En los últimos años y debido a la aplicación de la Directiva 91/271/EEC, que obliga a los estados miembros a tratar adecuadamente todas las aguas residuales que entren a los colectores antes de ser vertidas al medio, muchas Estaciones Depuradoras de Aguas Residuales (EDARs) han visto incrementado el volumen de lodos generados. En algunas de ellas, como es el caso de la EDAR de Castelló de la Plana, este incremento de lodos ha supuesto una reducción en el tiempo de retención hidráulica (TRH) aplicado al digestor anaerobio. Dicha problemática técnica motivó la búsqueda de soluciones innovadoras que permitieran la operación de los digestores a TRH menores, incrementando simultáneamente la producción de biogás y la eliminación de los sólidos volátiles del proceso, de manera que se redujeran los costes asociados tanto al consumo energético como a la gestión de los lodos.

A partir de las condiciones iniciales de la EDAR de Castelló y para evitar la necesidad de invertir en sistemas y equipos adicionales, se planteó la combinación simultánea de estrategias de pre/post- tratamiento de lodo secundario con ozono y posterior digestión anaerobia en doble fase ácido-gas y de temperatura.

El estudio experimental de este nuevo proceso avanzado de digestión anaerobia de lodos de EDAR se está llevando a cabo mediante el proyecto SLUDGE4ENERGY. Este proyecto consta de varias fases: experimentación a escala laboratorio, escala piloto semi-industrial y finalmente, a partir de los resultados obtenidos en las anteriores fases, un análisis de su viabilidad industrial.

En este momento se están terminando las tareas correspondientes a la experimentación a escala de laboratorio, y han comenzado las pruebas a escala piloto semi-industrial. Para ello se ha construido una planta piloto que combina los procesos de digestión en doble fase y la ozonización como pretratamiento y post-tra-

tamiento a la digestión. Esta planta se ha diseñado y construido teniendo en cuenta la EDAR donde posteriormente se quiere aplicar dicha tecnología (Castelló de la Plana), aunque la solución final pretende ser extrapolable a otras EDARs.

En el presente artículo se describen los principales resultados obtenidos de la etapa de experimentación a escala laboratorio, así como de la planta piloto semi-industrial donde se llevarán a cabo los experimentos de demostración del proceso SLUDGE4ENERGY en los próximos meses.

INTRODUCCIÓN

La cantidad generada de lodos de depuración de las aguas residuales urbanas e industriales se ha incrementado notablemente en los últimos años, en la medida que las administraciones avanzan en el cumplimiento de los planes de saneamiento de aguas residuales urbanas, y aumenta el número de industrias que adoptan medidas correctoras para adecuar la calidad de sus vertidos a los límites impuestos por la legislación.

Este hecho ha provocado que algunas EDARs como es el caso de la EDAR de Castelló de la Plana, hayan visto sobrepasada su capacidad de tratamiento de lodos, generando una producción superior a la capacidad de diseño del digestor anaerobio. En la actualidad el sistema de digestión anaerobio esta operando con un TRH de 15 días.

Basándose en el hecho de que la etapa limitante de la digestión anaerobia de los lodos suele ser la hidrólisis, sobre todo del lodo activo, existen distintas estrategias que permiten operar los digestores anaerobios a TRH menores, incrementando simultáneamente la producción de biogás y la eliminación de los sólidos volátiles durante el proceso de

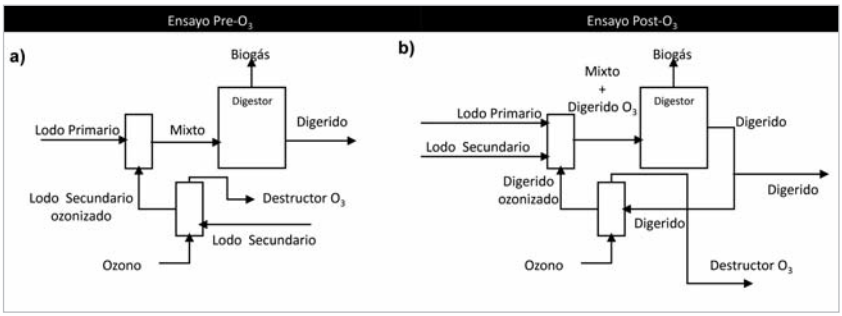

Figura 1. Diagrama de flujo del sistema de pre-ozonización (a) y post-ozonización (b) de lodos combinado con un proceso de digestión anaerobia en una sola etapa

fermentación anaeróbica.

Entre las más interesantes se encuentra la operación en doble fase ácido-gas (AG), permitiendo la separación física de las etapas microbiológicas de la digestión anaerobia, y por lo tanto optimizando las condiciones ambientales para el crecimiento y actividad de cada una de las poblaciones involucradas en el proceso de la digestión anaerobia. En un primer digestor (digestor hidrolítico-acidogénico) se opera a TRH bajos (1-2 días), evitando el crecimiento de las poblaciones metanogénicas y obteniendo un efluente rico en ácidos grasos volátiles (AGV), que será introducido en el segundo digestor (digestor metanogénico), el cual opera a TRH superiores, que permitan el crecimiento y desarrollo de las poblaciones metanogénicas responsables de la transformación de los AGV en biogás (Shana *et al.*,2002; Song *et al.*,2004). Este tipo de sistemas presentan distintas configuraciones en función de la temperatura de operación de cada uno de los digestores. La operación del primer digestor en régimen de temperatura termófilo seguido de una digestión mesófila, presenta una serie de ventajas respecto otras combinaciones de temperatura. La operación del primer digestor en rango termófilo permite incrementar notablemente la concentración de AGV en el hidrolizado, y permite obtener un grado de higienización superior que en el caso de la digestión mesófila. Operar el segundo digestor en condiciones mesófilas asegura una mayor robustez frente a posibles inhibiciones y sobrecargas orgánicas (Kalago & Monteith, 2008).

La aplicación de técnicas de pretratamiento de los lodos antes del

proceso de la digestión anaerobia es otra de las estrategias más interesantes para conseguir operar los digestores anaerobios a TRH menores incrementando simultáneamente la producción de biogás y la eliminación de los sólidos volátiles (Carrère *et al.*,2010). En relación a la lisis celular de los lodos biológicos, la ozonización es un proceso prometedor para mejorar la eficiencia de la digestión anaerobia. En estudios previos, la digestión anaerobia del lodo biológico ozonizado obtuvo mejores resultados que el lodo sin tratar en cuanto a producción específica de metano y cinética de producción (Fiter *et al.*, 2010; Canut *et al.*, 2011 y Ferrer *et al.*, 2011).

La EDAR de Castelló dispone de dos digestores anaerobios de 4.200 y 1.700 m^3 respectivamente. En la actualidad ambos digestores operan en paralelo en condiciones mesófilas. Además, la EDAR de Castelló dispone de una instalación de generación y distribución de ozono como medida de prevención contra las bacterias filamentosas que se generan en el proceso biológico de lodos activos existente en la instalación.

A partir de las condiciones actuales de la EDAR, y como posible solución técnica a la problemática existente del incremento de los lodos generados, se planteó la combinación de operar los digestores en dos etapas ácido (termófilo)-gas (mesófilo) y la aplicación de pre/post tratamientos de los lodos mediante ozonización. Dicha solución podría permitir operar el proceso de la digestión a TRH menores incrementando la producción de biogás y la eliminación de sólidos totales, sin necesidad de inversiones adicionales en la EDAR.

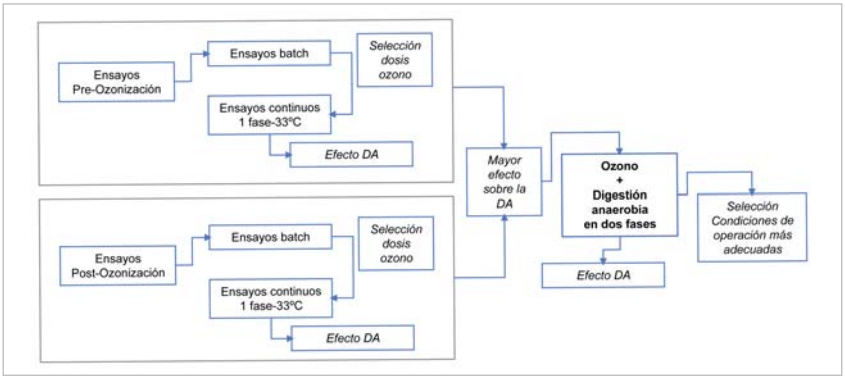

Figura 2. Esquema de la metodología utilizada para seleccionar las condiciones de operación más adecuadas del sistema de digestión anaerobia en dos fases combinado con el tratamiento de los lodos mediante ozonización

A partir del 2009, FACSA, con la colaboración de AINIA, inició una línea de investigación para estudiar dichas técnicas (proyecto IMPIVA IMIDTF/2009/251). A partir de este proyecto, desde 2011 FACSA y AINIA realizan un proyecto de I+D+i donde se estudia la aplicación de técnicas avanzadas de digestión anaerobia, incluyendo el pre-tratamiento y/o post-tratamiento mediante ozono de los lodos y la operación en doble fase del proceso. El proyecto se denomina SLUDGE4ENERGY, tiene una duración de tres años (2011-2014), y está compuesto por distintas fases de experimentación a escala de laboratorio, piloto pre-industrial y estudio de su viabilidad industrial.

En el presente artículo se describen los principales resultados de la primera fase del proyecto (experimentación a escala de laboratorio), así como la descripción de planta piloto pre-industrial que servirá de base para la ejecución de la segunda fase (experimentación a escala piloto pre-industrial).

ENSAYOS A ESCALA LABORATORIO

Los ensayos a escala laboratorio tienen como objetivo determinar el diseño final del sistema combinado de digestión anaerobia en dos fases junto con la ozonización de distintas corrientes del sistema.

Los primeros ensayos experimentales se enfocan en determinar qué estrategia de ozonización presenta mejores ventajas sobre la producción

de biogás y la eliminación de los sólidos totales. Se estudiaron dos estrategias: (1) la pre-ozonización y (2) la post-ozonización del lodo con una posterior recirculación al digestor (Figura 1). En ambos casos se aplicó una metodología similar, determinando primero la dosis óptima de ozono mediante ensayos batch de biometanización, y estudiando posteriormente el efecto del ozono sobre el proceso global de la digestión anaerobia, mediante ensayos en semi-continuo a escala laboratorio (Figura 2). En el ensayo semi-continuo se utilizaron dos digestores encamisados de 36L, dotados de agitación y temperatura regulada, operando en una sola etapa y en condiciones mesófilas (33ºC) a un TRH de 15 días (simulando las condiciones de operación del digestor industrial de la EDAR de Castelló). Uno de los digestores se utilizó como control (digestor control) para comparar el efecto de la pre/post ozonización de los lodos durante el proceso de la digestión anaerobia en semi-continuo en el otro digestor (digestor ensayo). El biogás se midió de forma continua para determinar su caudal y su composición (CH_4, CO_2, H_2S, H_2 y O_2), y semanalmente se determinaron los parámetros analíticos de control del proceso (ácidos grasos volátiles (AGV), sólidos totales (ST), sólidos volátiles (SV), pH, relación de alcalinidad (RA), concentración de N-NH_4^+). Durante el ensayo también se controló la cantidad de materia total y volátil de entrada y salida en ambos digestores.

Simultáneamente a los ensayos de pre/post ozonización del lodo combinado con la digestión anaerobia en una fase en rango mesófilo, se llevó a cabo la puesta en marcha de la planta piloto de dos fases a escala laboratorio.

A partir de los resultados obtenidos de los primeros ensayos, se di-

señó el sistema de digestión anaerobia en dos etapas seleccionando la corriente más adecuada para la ozonización del lodo. En este momento se están llevando a cabo los experimentos en la planta de dos fases en combinación con ozono, con el objetivo de determinar las condiciones de operación más adecuadas en ambos digestores. Una vez se determinen serán aplicados a la planta piloto pre-industrial.

Ensayos pre-O3

Los ensayos batch de biometanización indicaron que para la dosis óptima de pre-O_3 se producía un incremento en la producción de biogás del 9% en el potencial de metano del lodo secundario flotado en comparación con la muestra de lodo sin ozonizar (Ferrer *et al.*, 2011).

En el ensayo en continuo se analizaron dos periodos distintos para la dosis óptima de O_3 pero con dos ratios distintos de lodo primario y secundario. En el primer periodo se simuló la relación de lodos promedio que tiene lugar en la EDAR de Castelló, y en un segundo periodo se utilizó el ratio primario-secundario que tiene lugar en la mayor parte de EDARs, de modo que los resultados pudiesen ser extrapolables a otras instalaciones.

Los resultados obtenidos indican que la productividad de biogás diaria (por m^3 de digestor) en el periodo I fue similar en ambos digestores, pero en el periodo II se observó un incremento del 16% en el digestor 2 respecto al digestor control. La producción de biogás específica (por Kg de SV) del digestor alimentado con lodo pre-ozonizado presentó incrementos entre el 5% (periodo I) y 10% (periodo II) respecto a la producción específica obtenida en el digestor control.

En la Figura 3 se presenta la concentración de sólidos volátiles en el efluente de ambos digestores. En general, se observó una eliminación de sólidos volátiles ligeramente superior en el caso del digestor alimentado con lodo ozonizado.

Ensayos post-O3

El ensayo de post-ozonización consistió en la ozonolisis de una fracción de la salida de lodo digerido (33%) con objeto de resolubilizar tales lodos y devolverlo al digestor anaerobio (Figura 1(b)).

En primer lugar se llevaron a cabo los ensayos batch de biometanización del lodo digerido, para determinar qué dosis producía un mayor efecto sobre la producción de biogás, siguiendo la metodología descrita en Ferrer *et al.*, 2011. En base a resultados previos obtenidos de los ensayos de pre-ozonización, se analizaron diferentes dosis de ozono, donde la mayor de ellas produjo un incremento del 182% del biogás respecto a la muestra de lodo sin ozonizar. En la Figura 4 se presentan las curvas de biometanización de los lodos digeridos con aplicacio-

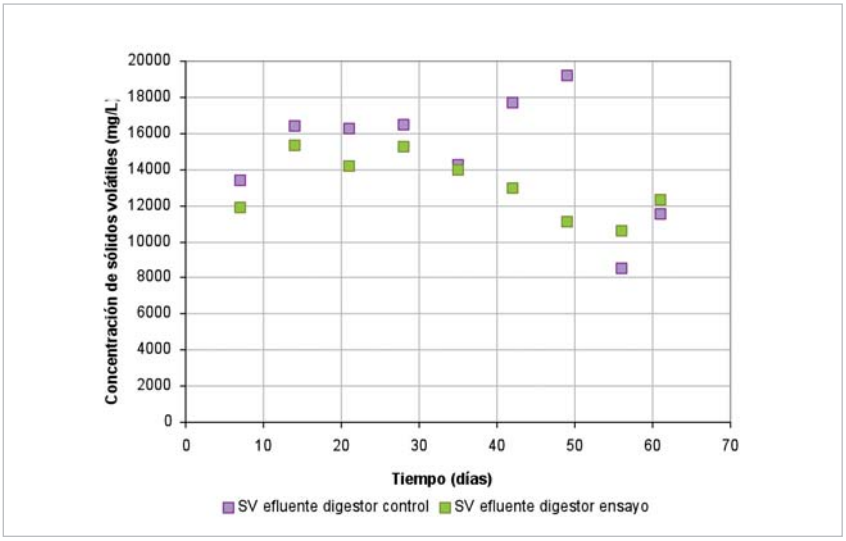

Figura 3. Evolución de la concentración de sólidos volátiles de los efluentes del digestor control y del digestor alimentado con la mezcla de lodo primario y lodo secundario pre-ozonizado

nes de dosis de ozono distintas. Las otras dosis analizadas también presentaron incrementos elevados en torno al 100% respecto a la muestra de lodo control.

En el ensayo continuo de post-O_3 se analizó un solo periodo de experimentación usando una mezcla de lodo primario: secundario. Ambos digestores (el control y el digestor alimentado con lodo digerido ozonizado), se operaron durante más de 150 días (15 TRH), sin observar un incremento claro en la productividad ni en la producción específica del biogás entre ambos digestores. En cambio, sí se observó una mayor eliminación de sólidos volátiles durante este periodo de post-O_3. La eliminación promedio de los sólidos volátiles en el digestor alimentado con lodo digerido post-ozonizado fue un 16% superior que en el caso del digestor control. En la Figura 5 se presenta la evolución de la concentración de sólidos volátiles en el efluente de ambos digestores, observando una menor concentración de ellos en el digestor en el cual se aplica la post-O_3 al lodo digerido.

Planta piloto de dos fases a escala laboratorio

A partir de los caudales de lodos que se producen en la EDAR de Castelló, se llevó a cabo el diseño más adecuado de un montaje experimental a escala de laboratorio, capaz de simular lo más aproximadamente posible las condiciones reales de la instalación.

El montaje consiste básicamente en dos digestores de distinto volumen (5L y 10L) para que puedan trabajar a TRH diferentes, un sistema de calefacción, un sistema de medida de biogás (caudal y composición) y un sistema de monitorización del proceso con medida en línea de caudal y concentración de biogás, potencial redox, temperatura y pH, y análisis periódico del lodo en digestión para determinación de la concentración de AGV, nitrógeno amoniacal, concentración de sólidos volátiles y totales, relación de alcalinidades, etc. (Figura 6).

El objetivo de trabajar en dos fases de temperatura es conseguir que en cada digestor se desarrolle una población microbiana específica de manera que las fases de hidrólisis y acidogénesis tengan lugar en el Di-

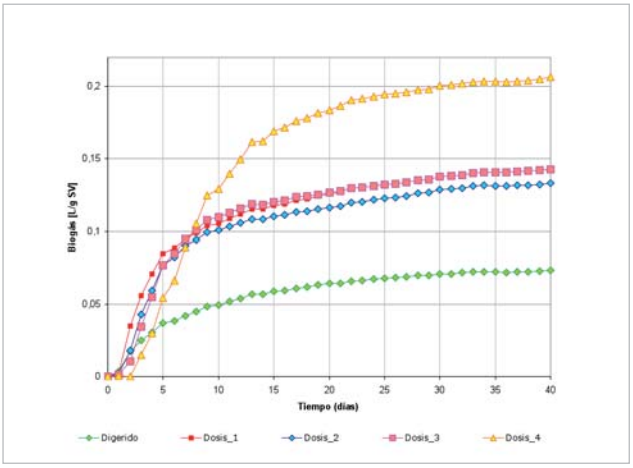

Figura 4. Producción de biogás acumulada por Kg SV de las distintas muestras de lodo digerido tratadas con distintas dosis de O3 (ensayos batch post-ozonización).

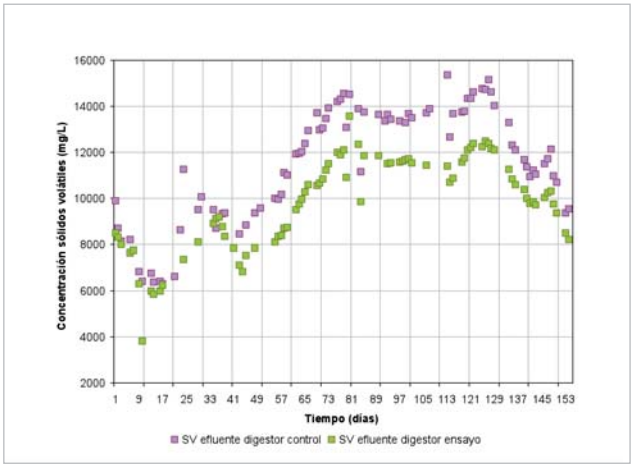

Figura 5. Evolución de la concentración de sólidos volátiles de los efluentes en el digestor control y en el digestor ensayo durante los experimentos de post-ozonización.

gestor 1 y la fase de metanogénesis tenga lugar en el Digestor 2. Así, la puesta en marcha consistió en la producción de un lodo anaeróbico acidogénico termófilo a partir de una biomasa mesófila, y la selección del TRH en el Digestor 1 que maximizara la concentración de AGV en el efluente (Canut *et al.*, 2012).

En la actualidad se está experimentando un primer periodo en el cual se está operando el sistema sin ozonizar los lodos. Posteriormente se procederá a un periodo de experimentación en el cual se combinará el pre/post-tratamiento con ozono y la digestión en dos fases. Los resultados que se obtengan de los experimentos a escala laboratorio servirán como control para poder comparar con los resultados que se obtendrán posteriormente en la planta pre-industrial.

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA PLANTA PILOTO A ESCALA PRE-INDUSTRIAL

Simultáneamente a la realización de los ensayos a escala de laboratorio se ha realizado el diseño, dimensionamiento y construcción de la planta piloto a escala pre-industrial (Figura 7).

Una vez puesta en marcha, se trasladarán las condiciones de operación óptimas halladas a escala de laboratorio, tanto del proceso de ozonización como del de digestión anaerobia en dos fases, de modo que se verifiquen a escala semi-industrial los resultados obtenidos en el laboratorio. La experimentación en planta pre-industrial permitirá detectar los potenciales problemas operacionales que no serían detectables a escala piloto por la hidráulica del sistema.

La planta piloto pre-industrial reproduce el sistema de digestores anaeróbicos existentes en la EDAR de Castelló, manteniendo la misma relación de volumen entre los dos digestores del sistema. Se ha construido en el interior de un contenedor de 12 metros de longitud. El contenedor dispone de una separación interna para almacén y pequeña sala de control.

La planta piloto consta de dos digestores cilíndricos ubicados en serie de 1.100 y 2.600 L de capacidad. Las principales características de diseño son las siguientes:

• Los digestores están construidos de fibra de vidrio con serpentín interior para conseguir operar los digestores a la temperatura correspondiente. Ambos digestores están calorifugados para mantener constante la temperatura de operación.

• Los digestores disponen de seis entradas ubicadas en la pared lateral del cilindro, tres en una de las partes y tres más en el extremo opuesto, colocadas a distintas alturas. En estas entradas se ha instalado unas sondas de nivel de mínimo y máximo de llenado. Los digestores disponen de una tapa en fibra de vidrio que cierra herméticamente.

• En la tapa se han colocado 4 entradas de manera que se ha instalado en cada una de ellas una sonda de temperatura, un manómetro, la salida del biogás y una válvula de escape o de alivio de presión. El biogás producido se almacenará en una bolsa fabricada expresamente donde se tomarán las muestras para su análisis.

• Los digestores van provistos de agitadores de palas acoplados a un motor de 0,75 kW.

Sistema de calefacción

El intervalo de temperatura sobre el cual podrán operar los digestores esta comprendido entre 35-70ºC. El sistema de calefacción consiste en la circulación de agua caliente por el in-

terior de los serpentines ubicados en la parte interna de los digestores.

La sonda de temperatura dispuesta en los digestores activa las bombas de recirculación de agua caliente a través de la camisa cuando la temperatura de consigna disminuya por debajo del punto de consigna. El sistema de calefacción es cerrado: la bomba hace circular agua desde la entrada inferior del depósito hacia la entrada superior de la camisa de los digestores. La salida de agua en los digestores se encuentra en la parte inferior comunicado con el depósito de agua.

Sistema de alimentación

Los lodos son bombeados desde su ubicación en la EDAR hasta un depósito de alimentación. Los digestores son alimentados mediante bombas con un caudal máximo de 15 L/h. Los componentes y características del sistema de alimentación son:

• Depósito de alimentación con un volumen útil de 230 L provisto de agitación y con cuatro entradas, dos en cada lado del depósito.

• Bomba de alimentación de lodos desde su ubicación en planta hasta el depósito de alimentación.

• Bombas de alimentación de lodos a los digestores

• Bomba de extracción de lodo del digestor 2.

• Conducciones para el bombeo de los lodos con un diámetro adecuado y de material flexible.

Sistema de ozonización

El sistema esta formado por distintos depóstos auxiliares, la columna de ozonización y un sistema de generación de ozono. A continuación se detallan cada una de las unidades que componen el sistema:

• 1 depósito provisto de agitación (60L) de recepción de lodos biológicos de flotación con detectores de nivel de mínimo y máximo. El depósito esta construido con fibra de vidrio y la agitación se realiza con moto-reductor de 0,37 kW.

• 1 depósito provisto de agitación (110L) de recepción de lodos primarios espesados con detectores de nivel de máximo y mínimo. El depósito esta construido con fibra de vidrio y la agitación se realiza con moto-reductor de 0,37 kW.

• 1 depósito con agitación (60L) de recepción de lodos disgregados por ozonización y mezcla con lodos primarios espesados que comunica con el depósito de alimentación de sistema de digestión anaerobia. El depósito esta construido con fibra de vidrio y la agitación se realiza con moto-reductor de 0,37 kW

• 1 depósito (60 L) para la recogida de espumas que pudiesen generarse en la columna de ozonización.

• La columna de ozonización esta construida en fibra de vidrio con una capacidad de 50L y esta dotada de los siguientes componentes:

- Difusor cerámico,
- Salida de off-gas hacia destructor de ozono, con trampa de líquidos
- Entrada y salida de fango biológico
- Salida de espumas de seguridad

• Sistema de generación de ozono compuesto de:

- Generador de ozono de 30 g/h
- Concentrador de oxigeno
- Medidores de concentración de ozono (en inyección y en off-gas)
- Sonda de O_3 ambiental para detección de fugas
- Destructor de ozono

• Juego de electroválvulas en PVC y para el vaciado de todos los depósitos.

• Estructura soporte para la colocación de depósitos a diversas alturas según flujos por gravedad.

• Cuadro eléctrico general de control y maniobra del sistema de tratamiento con ozono. PLC de control.

• Conductos y cableado eléctrico

Figura 6. Planta de digestión anaerobia en dos fases a escala laboratorio

Sistema de medida de biogás

El volumen de biogás se medirá mediante dos caudalímetros de gas dispuesto uno en cada uno de los digestores.

Sistema de control y adquisición de datos

La planta piloto dispone de un sistema automático de control que permite automatizar la planta: marcha y paro de bombas, control de tempera-

Figura 7. Planta piloto de ozonización y digestión anaerobia en dos fases a escala pre-industrial

tura etc. Además incorpora un sistema de adquisición de datos que permite registrar automáticamente el volumen y composición del biogás, la temperatura de operación, etc. Este sistema dispone de telecontrol (Internet o GSM) para que de forma remota se pueda acceder a los datos.

El sistema de control permite la introducción de datos por parte del usuario a través de una pantalla táctil, y la descarga de los datos almacenados en el data-logger.

En la actualidad se está llevando a cabo la puesta en marcha del proceso de la digestión anaerobia que actualmente tiene lugar en la EDAR de Castelló; es decir un proceso de digestión anaerobia en una sola fase mesófila. Para ello, se ha puesto en servicio uno de los dos digestores, el de mayor volumen, introduciendo lodo mixto y reproduciendo las mismas condiciones de trabajo y parámetros de operación que en el digestor a escala industrial, de manera que se puedan comparar los resultados en cuanto a rendimientos de eliminación de sólidos volátiles y producción de biogas obtenidos en el sistema a escala industrial y en el sistema a escala piloto pre-industrial. Este primer experimento servirá para validar y verificar el funcionamiento adecuado de la planta piloto pre-industrial, y los resultados obtenidos servirán de base para comparar con los resultados obtenidos durante la experimentación en dos fases con combinación de pre/post tratamiento del lodo con ozono.

CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS

Los resultados a escala laboratorio indican que el sistema de pre-ozonización de los lodos es eficiente en el incremento de la producción de biogás, incrementando en torno al 10% la productividad de biogás específica. La relación entre el lodo primario y secundario influye sobre el efecto del ozono sobre el proceso de la digestión anaerobia en una sola fase en condiciones mesófilas.

La post-ozonización de lodos digeridos y su posterior recirculación al sistema (escala laboratorio) no tuvo influencia sobre la producción de biogás, aunque sí se observó un incremento en la eliminación de los sólidos volátiles, siendo este parámetro un 16% superior que en el caso del digestor control, lo que induce a pensar que se obtendrán resultados positivos de incremento de producción de biogás en la experimentación a escala pre-industrial además de otras ventajas. En este momento se está finalizando la puesta en marcha del proceso de digestión en dos fases de temperatura a escala de laboratorio y planificando los experimentos de pre/post ozonización del lodo combinado con la digestión anaerobia en dos fases.

Los trabajos futuros están orientados a verificar los resultados de laboratorio a escala pre-industrial, así como a la obtención de resultados representativos para el estudio de viabilidad previsto en la última fase del proyecto.

AGRADECIMIENTOS

Esta investigación está co-financiada por el Ministerio de Economía y Competitividad y el Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER) a través del proyecto INNPACTO IPT-2011-1669-920000, con una ayuda de 1.206.816,18 € (préstamo + subvención).

REFERENCIAS

Canut, A.; Fiter, M.; Ruiz, B.; Ferrer,C. y Pascual, A. 2011.Ozone disintegration on waste sludge: enhanced biogas production and energy balance in wastewater treatment plant. Proceedings of IOA IUVA World Congress & Exhibition, III.2.6-1...III.2.6-4, París (France).

Canut, A.; Fiter, M.; Ruiz, B.; Silvestre, G.; Ferrer,C; Berlanga, G; Castell, D.; Cabrera, V.; García, M. 2012. Ozono y digestión anaerobia en doble etapa en la línea de lodos de una EDAR. TecnoAmbiente,230, 4-9.

Carrère H., Dumas, C., Battimelli, D.J., Batstone, J.P. Delgenès, J.P., Steyer, I., Ferrer 2010. Pretreatment methods to improve sludge anaerobic degradability: A review. Journal of Hazardous Materials 183, 1-15.

Ferrer, C., Berlanga, J.G., Castell, D., García, M., Fiter, M., Canut, A., Ruiz, B., Basiero, J.A., Bernácer, I., Martínez, J.L. (2011). Pretratamiento con ozono de fangos en exceso a digestión anaerobia. Retema, 154, 8-13.

Fiter, M, Canut, A., Ruiz, B., Ferrer, C., Pascual, A. (2010). Enhancement of waste sludge disintegration by ozone combined with ultrasound pre-treatment. Proceedings of IWA Conference on Sustainable Solutions for Small Water and Wastewater Treatment Systems (S2Small 2010), 19-22 April 2010, Girona, Spain.

Kalogo, Y.; Monteith, H. (2008). State of Science Report: Energy and Resource Recovery from Sludge. Global Water Reserach Coalition (UKWIR, WERF & Stowa).

Shana A., Asaadi M., Morchoisne T., Marsh P. (2002). Acid Phase digestion pretreatment and its impact on Coventional Mesophilic Anaerobic Digestion. I&D. Thames Water, Spencer House, Reading, RG 0JN.

Song T.-C., Kon S.-J., Woo J.-H. (2004). Mesophilic and thermophilic temperature co-phase anaerobic digestion compared with single-stage mesophilic-and thermophilic digestion of sewage sludge. Water Research, 38, 1653-1662.