

# **DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y PUESTA EN MARCHA DE UN REACTOR ANAERÓBICO DE FLUJO ASCENDENTE UASB DE PLANTA PILOTO**

Lucas Seghezzeo, Anibal Trupiano<sup>1</sup>, Lauro Castro y Carlos Cuevas

Laboratorio de Estudios Ambientales, INENCO, Instituto de Investigaciones en Energía No Convencional-CONICET.

CIUNSA, Consejo de Investigaciones de la UNSa, Universidad Nacional de Salta. Buenos Aires 177 (4400) Salta. Tel. / Fax (087) 251034

## **RESUMEN**

La digestión anaeróbica de efluentes orgánicos no requiere gasto de energía para aireación y los materiales son convertidos casi en un 90% a biogas, mientras que aeróbicamente el 60% de la energía del efluente se transforma en células, perdiéndose el resto como calor. Los reactores UASB, de alto rendimiento, se emplean cada vez mas para tratar efluentes urbanos e industriales, debido a su alta retención de biomasa activa en forma de gránulos (de 0,5 a 2.5 mm de diámetro) bajo condiciones de cargas elevadas. La flexibilidad de estos reactores permite su aplicación en pequeñas y grandes escalas, pero no existe suficiente experiencia local que facilite su difusión.

Este trabajo trata del diseño, construcción y puesta en marcha de un reactor UASB de 500 litros en su aplicación a efluentes cloacales. Los resultados preliminares muestran su viabilidad operativa y la generación de sedimento activo, productor de biogás aún a bajas temperaturas, con indicios de formación de gránulos a los 60 días de operación.

## **INTRODUCCIÓN**

La biodigestión anaeróbica de efluentes orgánicos presenta dos ventajas notables que la distinguen de los sistemas aeróbicos de tratamiento, siendo una de ellas que no requiere gasto de energía para aireación y la otra que los materiales son convertidos en su mayor parte a biogas (con un contenido de alrededor del 70% de metano) que puede ser empleado convenientemente como combustible. Así, por ejemplo, en un balance de energía comparativo entre ambos tipos de degradación microbiana se observa que en condiciones aeróbicas el 60% de la energía del material orgánico tratado se almacena en nuevas células formadas y el 40% se pierde como calor, mientras que en condiciones anaeróbicas casi el 90% de la energía del material orgánico puede recuperarse como biogas y solamente cantidades pequeñas se convierten a biomasa (5-7%) o se pierden como calor (3-5%).

Los sistemas de tratamiento de efluentes orgánicos en reactores de alto rendimiento, tales como los de lecho de barros de flujo ascendente (Upflow Anaerobic Sludge Bed, UASB) y sus derivaciones, son empleados cada vez con

<sup>1</sup>Dirección de Saneamiento Ambiental. Ministerio de Salud Pública de la Provincia de Salta

mayor frecuencia para el tratamiento de efluentes urbanos e industriales debido a su alta retención de masa bacteriana activa bajo condiciones de cargas elevadas de líquido influente. En los reactores UASB esta masa activa está constituida por grupos de bacterias anaeróbicas en relación casi simbiótica, de alta eficiencia metabólica, bajo la forma de gránulos con alta velocidad de sedimentación ( $12 \times 10^{-3}$  m/seg), de 0,5 a 2.5 mm de diámetro(1). El proceso de granulación es objeto de intensos estudios, ya que una elevada eficiencia en el tratamiento depende de las características de los gránulos logrados, de muy lenta formación (de 90 a 120 días)(2)(3).

La gran flexibilidad de los reactores UASB permiten su aplicación a la muy pequeña escala (edificios, escuelas) como a la mediana (pequeños núcleos poblacionales e industrias) y la gran escala (ciudades, grandes industrias), por lo que podrían constituirse en parte de la solución de los problemas de contaminación de aguas superficiales que afectan a la región NOA y al país.

No existe suficiente experiencia local como para proponer la difusión inmediata de la moderna tecnología anaeróbica, por lo que se hace indispensable adquirir información sobre el comportamiento de los reactores en las condiciones locales y con los efluentes reales.

Como parte de un proyecto mas general que contempla el estudio y evaluación técnico-ambiental de sistemas biológicos de tratamiento de efluentes líquidos de alta eficiencia y de bajo costo (Proyecto CIUNSA N°547), se plantea el presente trabajo cuyos objetivos son el diseño, construcción y puesta en marcha de un reactor UASB de escala piloto para su aplicación, en una primera etapa, a efluentes cloacales.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### REACTOR

El cuerpo principal del reactor y el dispositivo interno de separación de fases fueron construidos en políéster reforzado con fibra de vidrio, sobre planos provistos por el Proyecto, por parte de un taller especializado (J.C.Scarcella, Ruta 9 s/n, Salta), siendo su volumen operativo de 500 litros. Las cañerías empleadas para las conexiones de entrada y salida y el distribuidor de influente son de poliestireno estándar de 1/2 o 3/4 de pulgada. A lo largo del cuerpo cilindrico del reactor hay quince tomas de muestras con válvulas esféricas de poliestireno, espaciadas 0,15 m cada una. Se empleó una bomba dosificadora de diafragma Dosivac para operar caudales nominales de 50 a 500 litros /hora. Las dimensiones y características principales del reactor son las siguientes :

Diámetro	0,50 m
Altura de líquido	2,55 m
Volumen operativo	0,500 m <sup>3</sup>
Área transversal	0,196 m <sup>2</sup>
Distribuidor de influente	caño de 1/2 pulgada en "H", con cuatro boquillas de salida

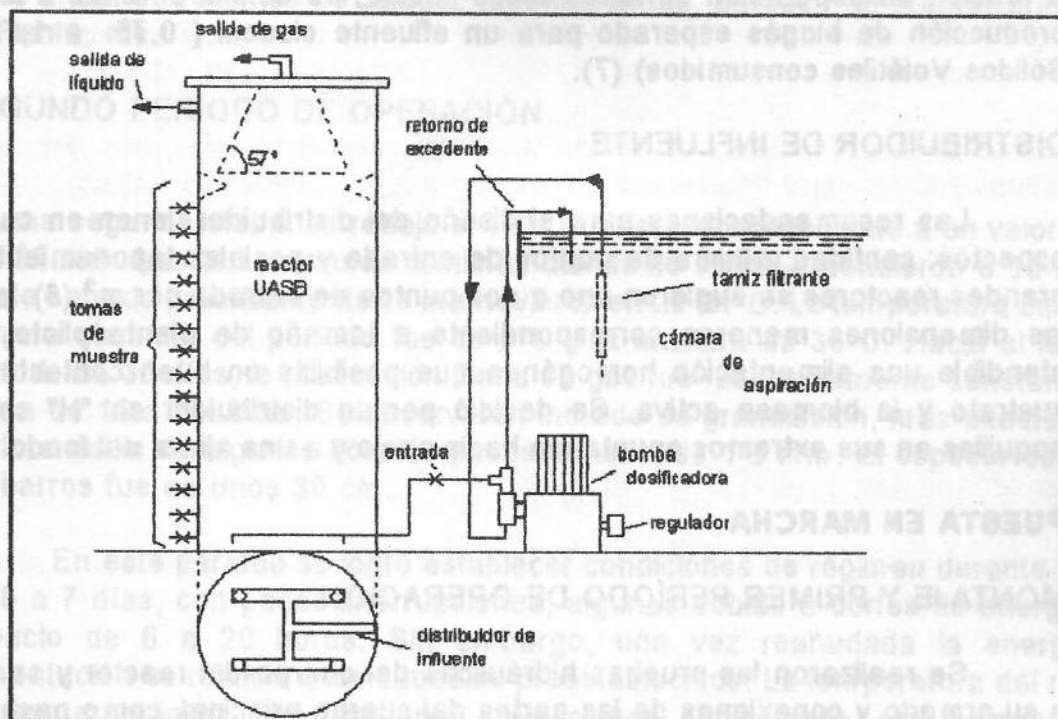


Fig.1. Reactor UASB de planta piloto

El reactor está instalado en la Planta Depuradora de Líquidos Cloacales de la Ciudad de Salta siendo la alimentación, en esta primera etapa, líquido proveniente de los sedimentadores primarios de la Planta. En la Fig. 1 se pueden apreciar detalles (no a escala) del reactor y de su disposición experimental.

#### DETERMINACIONES ANALÍTICAS

Durante la puesta en marcha del reactor se realizan determinaciones analíticas y fisicoquímicas de acuerdo a las técnicas del Standard Methods (4) y modificaciones (5), o empleando los micrométodos Hach aprobados por United States Environmental Protection Agency (USEP). Las determinaciones se efectúan en los líquidos de entrada y salida con diferente periodicidad de acuerdo al siguiente protocolo:

a) diariamente:

pH, alcalinidad (ALK), ácidos grasos volátiles (VFA), sólidos suspendidos, sólidos sedimentables.

b) tres veces semanales:

demanda química de oxígeno (DQO), sólidos totales (TS), sólidos suspendidos volátiles (TSV), sólidos fijos totales (TSF).

c) una vez semanal:

demanda biológica de oxígeno (DBO)

nitrógeno Kjeldahl total (TKN), nitratos, nitritos, amonio, fosfato, fósforo total,

El volumen de la campana colectora de gas (cuya parte externa cumple con la función de separación de fases sólido-líquido) se definió en base a la máxima producción de biogás esperado para un efluente cloacal ( 0.75 a 1,12 m<sup>3</sup>/ kg Sólidos Volátiles consumidos) (7).

## DISTRIBUIDOR DE INFLUENTE

Las recomendaciones para el diseño del distribuidor tienen en cuenta dos aspectos: cantidad mínima de puntos de entrada y posibles taponamientos. Para grandes reactores se sugieren uno o dos puntos de entrada por m<sup>2</sup> (6), pero para las dimensiones menores correspondiente a tamaño de planta piloto, es más atendible una alimentación homogénea que posibilite un buen contacto entre el sustrato y la biomasa activa. Se decidió por un distribuidor en "H" con cuatro boquillas en sus extremos apuntando hacia abajo y a una altura del fondo de 0,1m.

## PUESTA EN MARCHA

### MONTAJE Y PRIMER PERÍODO DE OPERACIÓN

Se realizaron las pruebas hidráulicas del cuerpo del reactor y se procedió a su armado y conexiones de las partes del cuerpo principal, como paso previo a su montaje en la Planta Depuradora. Ya en su localización definitiva, se conectó la bomba de alimentación a la cámara distribuidora de líquido proveniente de los sedimentadores primarios de la Planta y se procedió a realizar una siembra con 100 litros de un inóculo constituido por barro semidigerido del digestor de lodos primario de la Planta, completándose el volumen (500 litros) con el líquido de la cámara. Se dejó unas 30 horas en reposo antes de iniciar la alimentación continua.

Se inició la alimentación fijando tiempos de residencia elevados, del orden de TRH = 12 a 13 horas ( $V_a = 0.19-0.21$  m/h), que corresponden a caudales en el límite inferior de la capacidad de regulación de la bomba (menores que 50 l/h), notándose una gran inestabilidad y dificultad para mantener constante el flujo hidráulico. Es por ello que se modificó la alimentación, incorporando un caño de derivación a la salida de la bomba con retorno parcial de líquido a la cámara, de modo que la regulación de caudal se hace mediante la válvula de entrada al reactor y la válvula reguladora de la bomba (Fig. 1). De esta manera se logró una excelente estabilidad de caudales durante tiempos prolongados, con variaciones ocasionales observadas de 5 a 8 % en 24 horas.

Se mantuvieron los valores elevados de TRH durante unos 30 días, ya que la operación se inició en el período invernal, con temperaturas ambientales bajas y, por lo tanto, una actividad metabólica también baja. Sin embargo, se observó producción de biogás desde el inicio.

En esta primera etapa, las temperaturas mínimas diarias de salida del reactor oscilaron entre 12 a 19°C, siendo las temperaturas de entrada notablemente constantes entre 17,5 a 20°C. La temperatura ambiente mínima absoluta de esta etapa fue de 1°C y la máxima de 30°C. No se observó granulación y la producción de gas fue muy variable, entre 3 a 7 l/día.

Este período se caracterizó por detenciones frecuentes debido a cambios en la línea, correcciones de caudal, taponamientos, paradas de mantenimiento de la Planta, etc.

## SEGUNDO PERÍODO DE OPERACIÓN

En una segunda etapa, se redujo el TRH a 7 hs, correspondiente a un valor de  $V_a = 0.36$  m/h. Las temperaturas mínimas diarias de salida ascendieron a 15-21°C y las de entrada prácticamente se mantuvieron en 20-21°C. La temperatura ambiente mínima absoluta del período fue de 0°C y la máxima de 33°C. Hacia el final del período de 30 días, la producción diaria de gas fue razonablemente constante, del orden de 16 a 20 l/día. Se observaron indicios de granulación, mas exactamente de formación de algunos flóculos pocos densos, de 1-2 mm. El espesor del lecho de barros fue de unos 30 cm.

En este período se logró establecer condiciones de régimen durante lapsos de 5 a 7 días, con pocas interrupciones, algunas debido a cortes de energía por espacio de 6 a 20 horas. Sin embargo, una vez reanudada la energía, la alimentación se reinició a los caudales preestablecidos. La temperatura del reactor se ha mantenido con menores oscilaciones, coincidiendo con temperaturas ambientes mas benignas y con menores amplitudes térmicas.

La actividad metanogénica fue apreciable, pero el objetivo de lograr gránulos con las características deseables aún no se ha cumplido enteramente.

Los resultados preliminares obtenidos con líquido cloacal proveniente de la sedimentación primaria, indican: (a) la viabilidad operativa del reactor, (b) la generación de un sedimento activo, estable, productor de biogás aún a bajas temperaturas, con indicios de formación de gránulos a los 60 días de operación, (c) caídas de temperatura apreciables del líquido en el reactor cuando opera con temperaturas ambientales bajas, que mostraría la necesidad de mejorar el aislamiento térmico.

## AGRADECIMIENTO

Los autores agradecen la colaboración de la Dirección de Obras Sanitarias de la Provincia de Salta, que ha hecho posible la instalación y operación del reactor UASB en su Planta Depuradora de Líquidos Cloacales.

## REFERENCIAS

1. Uemura, S.; Harada, H. Microbial characteristics of methanogenic sludge consortia developed in thermophilic UASB reactors. *Appl. Microbiol. Biotechnol.*, 39:654 (1993).
2. Alphenaar, P.; Visser, A.; Lettinga, G. The effect of liquid upward velocity and hydraulic retention time on granulation in UASB reactors treating wastewater with

a high sulphate content. *Bioresource Technol.*, 43:249 (1993).

3. Chang, Y; Nishio, N; Nagai, S. Characteristics of granular methanogenic sludge grown on glucose in an UASB reactor. *J. Ferm. Bioeng.*74(6):430 (1993).

4. American Public Health Association (APHA). *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. Washington, D.C., 15th Ed. (1981).

5. Cobb, S; Hill, D. Volatile fatty acids interference with alkalinity measurement in anaerobic fermentors. En *International Summer Meeting Sponsored by the ASAE*, (1990).

6. Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (CETESB). Sao Paulo, Brasil. *Curso: Tratamento de esgotos e efluentes industriais por digestao de fluxo ascendente*. Apuntes. (1993).

7. Metcalf-Eddy. *Tratamiento y Depuración de Aguas Residuales*. Ed. Labor, Barcelona (1977).