



TRATAMIENTO INTEGRADO DE EFLUENTES Y LODOS DE UNA INDUSTRIA LÁCTEA

Mauricio Passeggi⁽¹⁾ Iván López y Liliana Borzacconi

Universidad de la República, Facultad de Ingeniería. Instituto de Ingeniería Química. Dpto. de Ing. de Reactores.

Dirección⁽¹⁾: (del autor principal)

Calle: Herrera y Reissig 565

Ciudad: Montevideo

Uruguay

CP: 11300

Tel: 598 (2) 7110871

Fax: 598 (2) 7107437

e-mail: passeggi@fing.edu.uy

RESUMEN

El presente trabajo describe un sistema anaerobio implementado para tratar los efluentes de una planta láctea. Esta planta produce 110 m³/d de efluente con una DQO promedio de 2.4 g/L y con un contenido de grasas próximo a los 350 mg/L. La planta de tratamiento de efluentes fue remodelada y se pusieron en funcionamiento dos reactores anaerobios de flujo ascendente con flotación interna y sedimentación externa. Estos fueron arrancados y operados durante varios meses con alimentación intermitente para favorecer la selección de bacterias lipolíticas y luego operados en continuo con una carga promedio de 2.8 kgDQO/(m³.d), con máximos promedios semanales de hasta 5.5 kgDQO/(m³.d) y un tiempo de residencia hidráulico de 17 hs. El lodo flotado, compuesto mayoritariamente por grasas es extraído diariamente y estabilizado en un digestor de lodos completamente agitado. La salida del digestor ingresa a los reactores anaerobios de flujo ascendente aportando lodo de alta actividad metanogénica. El biogás generado en la degradación de la materia orgánica del efluente y del lodo es utilizado para calefaccionar el efluente que llega a la planta de tratamiento y para mantener la temperatura del digestor próxima a los 35°C. Esta configuración de planta permite cumplir la normativa nacional para vertido a colector en todos los parámetros y no genera lodos que deban disponerse.

Palabras clave: Lácteo, anaerobio, digestor

INTRODUCCIÓN

La industria Láctea en Uruguay es una de las más importantes. En el año 2006 fueron procesados aproximadamente 1379 millones de litros de leche (MGAP, 2006). La generación de efluentes líquidos es seguramente el aspecto ambiental de mayor relevancia de este sector productivo. Las características del efluente dependen en gran medida del tipo de proceso que lo origina, pero en general las concentraciones de materia orgánica y en particular de grasas son elevadas y muy variables a lo largo del día.

Entre las alternativas para el tratamiento de efluentes agroindustriales, y en particular para los efluentes de industria láctea, los sistemas anaerobios resultan muy atractivos por no consumir energía y por generar muy poco lodo. Esto ha impulsado el desarrollo de distintos diseños (Demirel *et. al.*, 2005).

COLEME es una industria láctea de porte medio, dedicada a la producción de quesos y leche fluida. Su planta de tratamiento de efluentes fue construida en la década de los 90 en base a dos reactores UASB, pero no había podido ser puesta en operación hasta el año 2004. En este contexto COLEME pidió asistencia al Departamento de Ingeniería de Reactores de la Facultad de Ingeniería. Esto motivó la realización de un estudio del sistema que dio lugar a la propuesta de un rediseño de la planta, en la que se incorporó un tanque de equalización, nuevas campanas de captación de biogás, un sistema de extracción de grasas, un sedimentador externo de placas paralelas, un sistema de aprovechamiento del biogás con el fin de calentar el efluente (Passeggi, 2006) y posteriormente un digestor de lodos.



La planta rediseñada fue puesta en operación con éxito mediante una estrategia de alimentación intermitente. Esto implicaba la alimentación durante lunes martes y miércoles a un reactor y durante jueves, viernes y sábado al otro reactor (los domingos no se generaba efluente). La materia orgánica se adsorbía parcialmente en el lodo y se continuaba degradando en el período sin alimentación (fase de estabilización): En cada reactor la producción de gas se repartía entre la fase de alimentación y la fase de estabilización en una proporción 60-40. Esta estrategia permitiría desarrollar con preferencia especies bacterianas capaces de degradar compuestos de lenta degradación, en particular bacterias con capacidad lipolítica. En esa etapa se logró una eficiencia promedio de 85% en DQO soluble, con una carga promedio global de 2.5 kgDQO/(m³.d)

La retención de lodos en el sedimentador externo era próxima al 60%, sin embargo luego de seis meses de operación se debió reponer lodo para mantener los altos valores de eficiencia de remoción del sistema.

La grasa extraída constituía el 15% de la materia orgánica que ingresaba al sistema de tratamiento. En principio era mezclada con cenizas como forma de inhibir la generación de olores producto de su descomposición y dispuesta en el terreno.

En el presente trabajo, continuación de lo anterior, se evalúa la alimentación continua luego de un arranque con alimentación intermitente alternada y la digestión de los lodos flotados.

OBJETIVOS Y METAS

Evaluación de la operación en continuo.

Luego de haber operado los reactores por varios meses con alimentación intermitente y alternada, se pasó a alimentar en continuo con el objetivo de evaluar el desempeño en estas condiciones, que resultan operativamente más sencillas.

Diseño y puesta en funcionamiento del digestor de lodos.

Con el objetivo de eliminar la tarea de acondicionamiento y disposición de lodos con alto contenido de grasas, así como para evitar la reposición de inóculo, se diseñó y puso en operación un digestor anaerobio, que también fue evaluado.

METODOLOGIA

Luego de un período de operación con alimentación alternada en que se llegó a tratar todo el efluente generado, se pasó a operar con alimentación continua. El incremento de la producción de la planta láctea generó un incremento posterior de la carga orgánica, que fue tratada completamente en la planta de tratamiento de efluentes. El desempeño fue evaluado mediante el seguimiento de la remoción de materia orgánica (expresada como DQO y DBO₅) y mediante la producción de biogás.

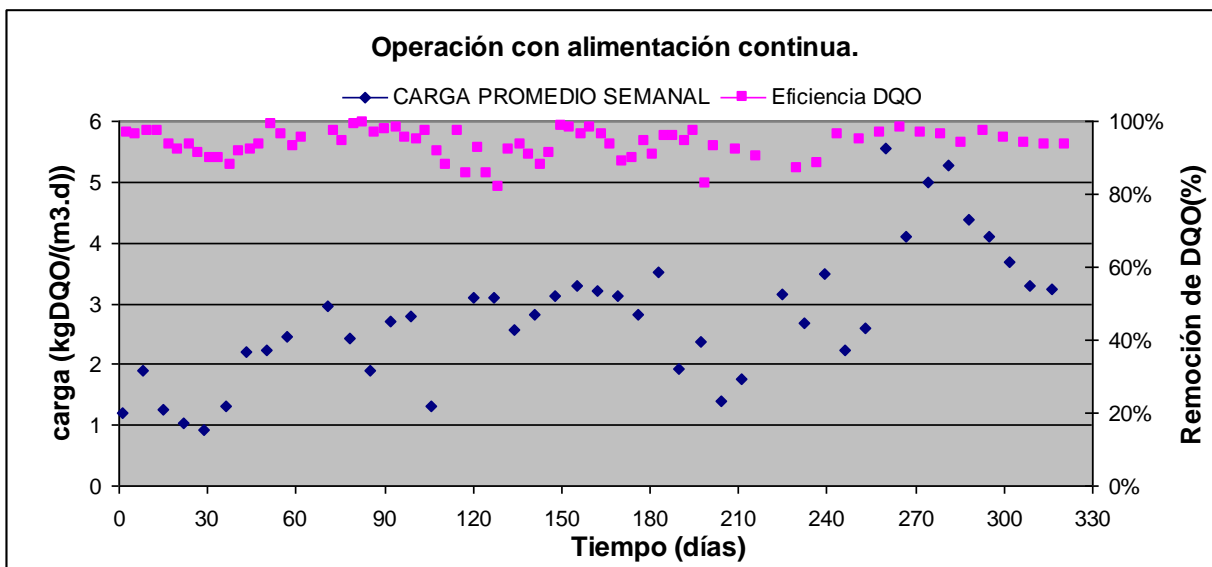
Debido a la variabilidad del efluente, los análisis del efluente de entrada y salida a los reactores fueron realizados sobre muestras semanales, compuestas de muestras diarias de 24hs refrigeradas. Se analizó DQO soluble en todas las muestras compuestas y tanto DBO₅ como Grasas y Aceites se analizaron en una muestra compuesta de entrada y una muestra compuesta de salida cada mes (técnicas de Standard Methods, APHA, AWWA, WEF, 1995). También se analizó en muestras puntuales de entrada y salida pH, temperatura y sólidos sedimentables (diarios) y en muestras puntuales de la salida, tres veces por semana, la alcalinidad total, la alcalinidad al bicarbonato y los ácidos grasos volátiles. El biogás generado se controló diariamente utilizando medidores conectados a cada reactor.

Luego de operado el sistema en continuo por cinco meses se incorporó el digestor de lodos. Este fue diseñado como reactor completamente agitado. La agitación producida por el biogás se complementó con la recirculación de lodos de modo de reducir la separación de la grasa en las proximidades a la superficie. El digestor fue calefaccionado para mantener su temperatura próxima a los 35°C de modo de favorecer la hidrólisis. Para esto se recirculó su contenido a través de un intercambiador de tubos concéntricos y se utilizó la combustión del biogás generado como

fuentes calóricas. El desempeño del digester fue evaluado mediante el análisis de los sólidos volátiles y grasas en entrada y salida.

RESULTADOS

El sistema operó con un tiempo de residencia hidráulico de 17 horas. En el siguiente gráfico se muestran los resultados referidos a carga y eficiencia en remoción de DQO para el período de operación en régimen normal, ya con la alimentación continua. La concentración promedio en la entrada en DQO soluble fue de 2400mg/L y en la salida 170mg/L. La DBO₅ y las grasas medidas mensualmente en muestras compuestas de la salida se mantuvieron siempre por debajo del máximo admitido por la normativa. Los sólidos sedimentables se mantuvieron por debajo de 10mL/L (promedio 2.7mL/L) y el pH entre 6,0 y 7,0, cumpliendo también estos parámetros con las exigencias de la normativa ambiental.

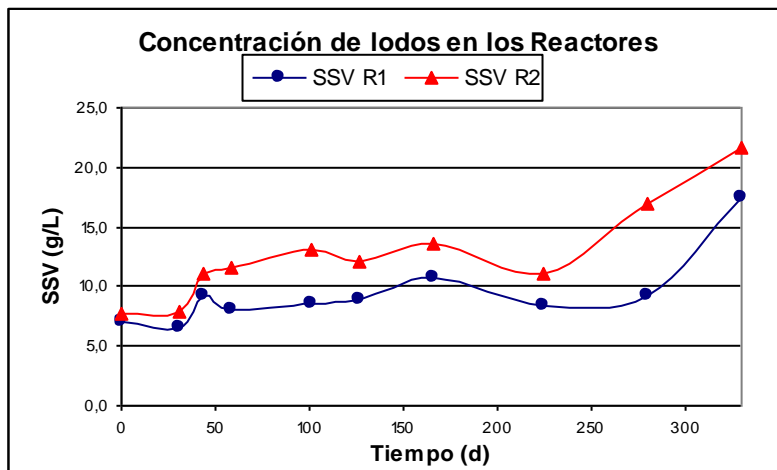


En este período los dos reactores de 40m³ produjeron en promedio un total de 49m³/d de biogás, con un registro máximo de 112m³/d, siendo el % de metano superior al 70%.

En los sistemas anaerobios la generación de lodo biológico es muy baja (aproximadamente 0.1 kgSSV/kgDBOremovida). Por este motivo el escape de sólidos biológicos debe ser mínimo. En el sistema evaluado en este trabajo existen dos vías por las cuales el lodo biológico escapa de los reactores: el efluente y la grasa flotada. En la primera etapa de operación de la planta no se logró un buen balance entre producción y salida de lodos biológicos, debiendo reponerse lodo luego de 6 meses para mantener los altos valores de eficiencia de remoción.

Con la incorporación del digester de grasas se superó este factor de inestabilidad. La descarga del digester de lodos se realizó hacia los reactores. Esto no solo evitó la necesidad de acondicionar y disponer los lodos digeridos, sino que además permitió compensar el escape de sólidos con el efluente pudiendo el sistema operar en forma estable, sin necesidad de purgas ni reposición de lodos.

La concentración de SSV en los reactores se presenta en el siguiente gráfico:



El incremento del contenido de SSV en el último período está asociado a la granulación del lodo, lo cual también produjo una mejora en el Índice Volumétrico de Lodos, que bajó desde 37 mL/g al inicio del período, hasta 18 mL/g.

El digester de lodos operó con un tiempo de residencia hidráulico próximo a los 35 días y una temperatura entre 30°C y 38°C. La carga fue promedialmente de 3.8 kgSV/(m³.d), la reducción en el contenido de grasa fue superior al 70% y la reducción de SV superior al 80%, lo cual significa un alto grado de estabilización. La producción de biogás alcanzó los 2m³ por metro cúbico de digester y por día.

CONCLUSIONES

Es posible tratar el efluente de una industria láctea en un sistema integrado con reactores anaerobios y digester de lodos, y con tiempo de residencia hidráulicos de 17hs. El biogás generado puede ser aprovechado para calentar el efluente y el digester y así acelerar el proceso de degradación.

La alimentación en continuo, luego de un arranque con alimentación alternada, permite tratar cargas promedio de 2.8 kgDQO/(m³.d) con picos de carga en promedio semanal de hasta 5.5 kgDQO/(m³.d), con una eficiencia promedio superior al 90% en DQO soluble, permitiendo cumplir con la normativa ambiental para vertido a colector, en todos en todos los parámetros.

En este caso la estabilización del lodo extraído de los reactores en un digester y la posterior reincorporación a los reactores elimina la necesidad de agregar lodo biológico y de disponer lodos digeridos fuera del sistema.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- 1.- MGAP, 2005. Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca, Anuario Estadístico 2005, <http://www.mgap.gub.uy/opypa/ANUARIOS/Anuario06/>
- 2.- Demirel, B., Yenigun, O., Onay, T., 2005. Anaerobic treatment of dairy wastewaters: a review, *Process Biochem.* **40**, 2583-2595.
- 3.- Passeggi, 2006 “Diseño y puesta en operación de una planta a escala real para el tratamiento de efluentes de industria láctea”. Tesis de Maestría en Ingeniería Ambiental. Facultad de Ingeniería. Universidad de la República.
- 4.- APHA, AWWA, WEF, 1995. *Standard Methods for the examination of water and wastewater*, 19 ed., ISBN 0-87553-223-3.