



Ciencias Holguín
ISSN: 1027-2127
revista@cigetholguin.cu
Centro de Información y Gestión Tecnológica de
Holguín
Cuba

Gestión del funcionamiento de plantas de biogás en la remoción de contaminantes

Cano-Ricardo, Yusleydis; Rodríguez-Tejeda, Raymundo Carlo; Soberats-Cobos, Janet; Velázquez-Cruz, Ramiro

Gestión del funcionamiento de plantas de biogás en la remoción de contaminantes

Ciencias Holguín, vol. 25, núm. 1, 2019

Centro de Información y Gestión Tecnológica de Holguín, Cuba

Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=181558076006>

Esta licencia permite a otros entremezclar, ajustar y construir a partir de su obra con fines no comerciales, y aunque en sus nuevas creaciones deban reconocerle su autoría y no puedan ser utilizadas de manera comercial, no tienen que estar bajo una licencia con los mismos términos.



Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial 4.0 Internacional.

Gestión del funcionamiento de plantas de biogás en la remoción de contaminantes

Administration of the operation of biogas plants in the removal of pollutants

Yusleydis Cano-Ricardo 1
Universidad de Holguín, Cuba
yusleydis@uho.edu.cu

Redalyc: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=181558076006>

Raymundo Carlo Rodríguez-Tejeda 2
Universidad de Holguín, Cuba
rtejeda@uho.edu.cu

Janet Soberats-Cobos 3
Centro de investigación y servicios ambientales, Cuba
jsobrats@cisat.cu

Ramiro Velázquez-Cruz 4
Centro de investigación y servicios ambientales, Cuba
ravel@cisat.cu

Recepción: 13 Febrero 2018
Aprobación: 23 Septiembre 2018
Publicación: 30 Enero 2019

RESUMEN:

La gestión del funcionamiento de pequeñas plantas de biogás para la reducción de contaminantes y la producción de biogás constituye una visión del estado actual de las mismas. De la mayoría se desconoce la eficiencia de su funcionamiento en la calidad de la remoción de contaminantes, y no se encontraron registros periódicos y sistemáticos que caractericen su eficiencia, ni se han aplicado tecnologías de post-tratamiento mecánico. Debido a esta situación se hace necesario realizar un análisis para evaluar la eficiencia del funcionamiento. Por tal razón se elabora un procedimiento que incluye el análisis de parámetros físicos-químicos del efluente y afluente. Se aplica a tres plantas, y se obtiene que producen biogás pero sin la calidad requerida, por la falta de tiempo de retención de la biomasa en el biodigestor. El efluente no se puede verter, porque presenta una gran concentración de sólidos y un DBO5 elevado.

PALABRAS CLAVE: Planta de biogás, Contaminantes, biomasa, Efluente, Afluente.

ABSTRACT:

The administration of the operation of small biogas plants for the reduction of pollutants and the biogas production constitutes a vision of the current state of the same ones. Of most of the plants the efficiency of its operation is ignored in the quality of the removal of pollutants, and they were not periodic and systematic registrations that characterize its efficiency, neither technologies of mechanical post-treatment have been applied. Due to this situation it becomes necessary to carry out an analysis to evaluate the

NOTAS DE AUTOR

- 1 Ing. Yusleydis Cano-Ricardo. yusleydis@uho.edu.cu Ingeniera Civil y Profesora Instructora en la Facultad de Ingeniería, carrera de Ingeniería Civil. Universidad de Holguín. Holguín, Cuba.
- 2 MSc. Raymundo Carlo Rodríguez-Tejeda. rtejeda@uho.edu.cu Master en ciencias técnicas y Profesor Asistente. Facultad de Ingeniería, carrera de Ingeniería Civil. Universidad de Holguín, Cuba.
- 3 MSc. Janet Soberats-Cobos. jsobrats@cisat.cu Ingeniera Química y Master en Gestión Ambiental. Se desempeña en el Departamento de Aplicaciones Nucleares del Centro de investigación y servicios ambientales (Cisat) del CITMA, Holguín, Cuba.
- 4 Ing. Ramiro Velázquez-Cruz. ravel@cisat.cu Ingeniero Termonuclear y Profesor Asistente. Labora en el Departamento de Aplicaciones Nucleares. Cisat-CITMA. Holguín.

operation efficiency. For such a reason a procedure is elaborated that includes the analysis of physical-chemical parameters of the effluent and affluent. It is applied to three plants, and it is obtained that they produce biogas but without the required quality, for the lack of time of retention of the biomass in the biodigester. The effluent cannot spill, because it presents a great concentration of solids and a high DBO5.

KEYWORDS: Plant of biogas, Pollutants, Biomass, Effluent, Affluent.

INTRODUCCIÓN

La energía es necesaria para la vida, ya sea en forma de electricidad, calefacción o gas: sin ella no funcionaría nada, y en los últimos años, la demanda mundial ha crecido sin parar (Melecsa, 2014). El consumo excesivo de los combustibles fósiles por mantener la demanda energética está en ascenso, y con ello su extinción. Es por ello que la búsqueda e implementación de las Fuentes Renovables de Energía (FRE) es hoy en día una alternativa para todos. Una de las FRE es la biomasa, la cual además de proporcionar biogás, abono y electricidad, disminuye la carga contaminante.

El primer equipo de biogás se construyó en Bombay, la India, en 1859, el cual estuvo dirigido al tratamiento de estiércol humano y el gas producido se utilizó para la iluminación. A partir de ese momento se ha incrementado el número de biodigestores. La tecnología del biogás se incrementa en muchos países, ejemplo de ello son China y Alemania, los cuales están a la vanguardia en la aplicación de la misma.

La utilización de esta tecnología es una solución muy factible, ya que se puede producir biogás y abono (como fertilizante), y constituye una solución sostenible y ecológicamente sana. Además, se reducen algunos contaminantes en el agua residual, aumentando así la calidad del efluente, el cual se debe verter cumpliendo con las normas establecidas.

Según expertos del Grupo cubano de Biogás (GB), la primera aplicación industrial del biogás en Cuba data de 1940, cuando se construyeron dos biodigestores para procesar los residuales de una fábrica de cerveza en La Habana. Durante la década de los años 1970 la aplicación de la tecnología del biogás en Cuba fue considerada como uno de los mejores medios para enfrentar la escasez de combustible.

Antes de 1990, las comunidades aisladas en zonas montañosas recibían un mínimo de servicio eléctrico suministrado por plantas generadoras diésel. La disponibilidad de energía resultaba imprescindible para la iluminación residencial, cocción de alimentos, mejoras de calidad y condiciones de vida, así como para el desarrollo socio- cultural de los habitantes de estas comunidades.

El uso del biogás en la provincia Holguín era realmente pobre. Según información obtenida por el CITMA, en el año 2005, solamente funcionaba una planta de biogás con resultados muy satisfactorios en el asentamiento Indio I del Municipio de Holguín. Esta planta utilizaba como materia orgánica la cachaza que era transportada desde el Central Azucarero I Urbano Noris. En la actualidad se ha desarrollado la tecnología de la obtención de biogás en esta provincia, usando como biomasa principal la producida por los cerdos.

En Holguín existen más de 70 plantas de biogás, las cuales procesan los residuales porcinos, los residuales vacunos y de gallinaza. Las plantas más pequeñas están diseñadas para 50 cerdos y las más grandes para 1500 cerdos. De la mayoría de estas plantas se desconoce la eficiencia de su funcionamiento en cuanto a la calidad de la remoción de contaminantes, y no se han aplicado tecnologías de post-tratamiento mecánico para lograr incrementar la calidad del efluente. Además, no se tienen registros periódicos y sistemáticos que caractericen su eficiencia. Se debe tener presente que varias de estas plantas tributan a lagunas de oxidación, plantaciones agrícolas y cuencas hidrográficas, con el consiguiente efecto sobre esos ecosistemas. Debido a esta situación se hace necesario realizar un análisis de estas plantas para evaluar la eficiencia en términos de remoción de contaminantes y de producción de biogás.

MATERIALES Y MÉTODOS

Actualmente en Cuba se está abogando por la incursión de implementar la tecnología del biogás; por eso se hizo necesario en la provincia de Holguín determinar un procedimiento que permitiera evaluar el funcionamiento de las plantas existentes en cuanto a la producción de biogás, y a la determinación de los diferentes parámetros físicos – químicos.

Procedimiento para evaluar el funcionamiento de la planta en la producción de biogás, y en la reducción de contaminantes que intervienen en el vertimiento del effluente

1. **Descripción general de la planta**

Se hace referencia a la ubicación de la planta, a la capacidad de diseño y a la cantidad de cerdo de diseño. Se realiza una descripción breve del proceso de funcionamiento de la planta, y se explica el uso del biogás y del effluente.

2. **Inspección de las condiciones de drenaje del afluente**

Las instalaciones existentes que transportan el afluente desde los corrales hasta el depósito de almacenamiento, deben presentar una pendiente que permita el paso del mismo sin que la biomasa se estanque he interrumpa el paso de la nueva materia.

3. **Datos iniciales**

Se necesita como datos iniciales los siguientes:

- Cantidad de cerdos existentes (CE)

Cantidad de cerdos de diseño (CD)

Volumen del biodigestor (VD)

Cantidad de excreta producido por díaRelación excreta/agua

Tiempo de retención (T_r)

4. **Comprobación del tiempo de retención hidráulico**

El tiempo de retención hidráulico requerido para que se desarrolle eficientemente el proceso de fermentación está dado en el rango de 25 – 40 días. Cuando el tiempo es menor de 25 días, la biomasa no es procesada lo suficiente, por lo que la reducción de contaminantes no se realiza exitosamente. La capacidad de procesamiento de la planta se encuentra en estrecha vinculación con este parámetro, ya que ambos dependen de sí. Por medio de la ecuación 1 (Campos, 2011) de la metodología cubana se puede chequear este parámetro.

$$V_d = (kg_{excreta} + kg_{agua}) * T_r \quad (1)$$

5. **Utilización del biogás**

Para saber cuál es la producción exacta de biogás diariamente se necesita un medidor. En la cúpula del biodigestor debe existir una llave que regule el paso del biogás, según la necesidad que exista en cuanto a su utilización o a la presión requerida con el mismo. Una forma de comprobar que el gas se encuentra en óptimas condiciones es por medio de la coloración del mismo. La llama del biogás encendido debe presentar una coloración azul, y debe satisfacer las necesidades de los habitantes como la cocción de alimentos y el alumbrado.

6. **Identificación de toxinas**

La presencia de toxinas, de productos químicos como herbicidas, insecticidas, pesticidas, antisépticos, detergentes, tinturas y grasas industriales en las plantas de biogás, afectan a las bacterias metanogénicas y consigo el proceso de fermentación y la producción de biogás. Por lo que se recomienda no usar ningún producto a la hora de la limpieza de los corrales y de las instalaciones.

7. **Preparación de las condiciones necesarias para la toma de muestras**

Se deben crear las condiciones de trabajo en el lugar para la realización de la toma de muestras. Estas muestras se deben regir por lo establecido en los procedimientos para la determinación de los diferentes parámetros físicos- químicos. Preparación de las condiciones necesarias para la toma de muestras

8. **Medición de diferentes parámetros físicos- químicos en el afluente y en el efluente**

En el caso del afluente es importante mantener los siguientes parámetros en sus rangos óptimos para lograr una excelente producción de biogás.

- Temperatura: 30-35°C
- pH: 6,8-7,5
- Relación C/N: 20-30
- Tiempo de retención: 10-25* días
- Relación excreta/agua: 1:1 y 1:2

Es importante conocer que estas plantas de biogás solo inhiben un porciento de sustancias, las cuales presentan un alto grado de contaminación para el medioambiente, ya que el efluente puede ser vertido a lagunas de oxidación, al alcantarillado o a cuerpos receptores. Por lo que se hace necesario e imprescindible el análisis de ciertos parámetros físicos-químicos, los cuales tienen que cumplir con los valores máximos permisibles establecidos en la NC 27:2012 “Vertimiento de aguas residuales a las aguas terrestres y al alcantarillado” (2012). Los parámetros que se midieron en las plantas de biogás son:

- pH
- Conductividad eléctrica
- Turbidez
- Temperatura
- Oxígeno disuelto
- Sólidos sedimentables
- DBO_{5,20}
- Sustancia seca
- Sustancia orgánica seca

Métodos de medición de los diferentes parámetros físicos- químicos

- pH, conductividad eléctrica, turbidez, temperatura

Estos parámetros se midieron in situ, con un pH-metro marca Hanna. Se introduce el pH-metro en el agua, luego se mueve suavemente en círculo hasta obtener un valor constante del parámetro a medir. La conductividad se expresa en μ s, la turbidez en ppm y la temperatura en °C.

- Oxígeno disuelto

Este parámetro se midió in situ, con un medidor de oxígeno disuelto marca Hanna. Se introduce el medidor de oxígeno disuelto en el agua, luego se mueve suavemente en círculo hasta obtener un valor constante del parámetro a medir. Se expresa en mg/L.

- Sólidos sedimentables

Se usó como referencia la Norma Mexicana NMX-AA-004-SCFI-2000 “Análisis de agua- Determinación de sólidos sedimentables en aguas naturales, residuales y residuales tratadas- Método de prueba” (2000).

Se toma una muestra homogénea y representativa superior a un litro en un frasco de polietileno con tapa de boca ancha. Se mezcla la muestra tomada para lograr una distribución homogénea de sólidos suspendidos, luego se coloca la misma en un cono Imhoff hasta la marca de 1L. Se deja

sedimentar por 45 min, y después de transcurrido este tiempo se agita suavemente los lados del cono. Se deja en reposo 15 min y se mide el volumen de sólidos sedimentables. Se expresa en mL/L.

- Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO_{5,20})

Se usó como referencia la Norma Venezolana COVENIN 3008-93 “Aguas naturales, industriales y residuales. Determinación de la Demanda Bioquímica de Oxígeno” (1993). Se prepara en el laboratorio el agua de dilución. Por cada litro de agua se añade un mL de cada una de las siguientes disoluciones: amortiguadora de fosfato, sulfato de magnesio, cloruro de calcio y cloruro férrico. Estas disoluciones se preparan anteriormente siguiendo los pasos de la norma de referencia. Se toma como muestra un 5% del volumen de la botella. Se añade en una botella de cierre hermético el % del volumen de la misma y se mide el oxígeno disuelto inicial. Luego se encuba durante 5 días a 20°C, transcurrido este tiempo, se vuelve a medir el oxígeno disuelto. La Demanda Bioquímica de Oxígeno se determina por la ecuación 2, y se expresa en mg/L.

$$DBO_{5,20} = (D_1 - D_2) / P$$

Donde:

D₁ = Oxígeno disuelto de la muestra inmediatamente después de su preparación, mg/L

D₂ = Oxígeno disuelto de la muestra después de 5 días de su incubación, mg/L

P = Fracción volumétrica decimal de muestra usada

- Sustancia seca (Sólidos totales en suspensión)

Se usó como referencia el Manual de Técnicas de Analíticas para la determinación de parámetros físico-químicos y contaminantes marinos (2003). Se seca una cápsula y se pesa, se le añade la muestra bien mezclada y se seca a 105°C. Luego se coloca en un desecador durante 30 minutos. Se vuelve a pesar la cápsula y con los dos valores pesados se determina el porcentaje de los sólidos totales en suspensión. Se expresa en mg/L y en %.

- Sustancia orgánica seca (Sólidos fijos y volátiles totales a 550°C)

Se usó como referencia el Manual de Técnicas de Analíticas para la determinación de parámetros físico-químicos y contaminantes marinos (2003). Se seca una cápsula y se pesa, se le añade la muestra bien mezclada y se seca a 105°C. Luego se somete a ignición en una mufla a 550°C entre 15 y 20 minutos. Se coloca en un desecador hasta que se enfríe totalmente y luego con los dos valores pesados se determina el porcentaje de sustancia orgánica seca. Se expresa en mg/L y en %.

9. Análisis del destino del efluente con respecto a la ubicación de la planta y el uso del mismo.
En correspondencia con lo establecido en la NC 27:2012 “Vertimiento de aguas residuales a las aguas terrestres y al alcantarillado” (2012), existen tres tipos de vertimientos, lo que se debe analizar hacia dónde se dirige el efluente, con respecto a su utilización o a su evacuación.
10. Comparación de los resultados obtenidos con los límites establecidos por las normas.
Una vez obtenida las concentraciones de los diferentes parámetros medidos, tanto para el afluente como para el efluente se realiza una comparación con los rangos óptimos de los factores que afectan la producción del biogás, y con las concentraciones establecidas en la NC 27:2012 “Vertimiento de aguas residuales a las aguas terrestres y al alcantarillado” (2012), respectivamente, verificando el cumplimiento de los mismos.

RESULTADOS

Aplicación del procedimiento a tres plantas de biogás ubicadas en diferentes zonas del municipio de Holguín

La planta de biogás 1 ubicada al sur del municipio de Holguín, en el Valle de Mayabe. Se clasifica como una planta de cúpula fija, diseñada para 100 cerdos, con una capacidad de diseño de 20 m³.

La planta de biogás 2 se localiza al sur del municipio de Holguín, en Pedernales. Se clasifica como planta de cúpula fija, la cual está soterrada, diseñada para 200 puercos, con una capacidad de diseño de 25 m³.

La planta de biogás 3 que está ubicada al sur del municipio de Holguín, en Güirabo. Se clasifica como una planta de cúpula fija, diseñada para una cantidad de 200- 250 puercos, con una capacidad de diseño de 30 m³.

Para las tres plantas el sólido generado por las mismas se utiliza como abono en los campos de sembrado, el efluente para el regadío y el gas para la cocción de los alimentos. Una vez realizado los ensayos para determinar los valores de los parámetros físicos-químicos medidos tanto del afluente como del efluente, se obtuvieron los siguientes resultados, teniendo en cuenta que la relación excreta/agua es de 1:1 – 1:2.

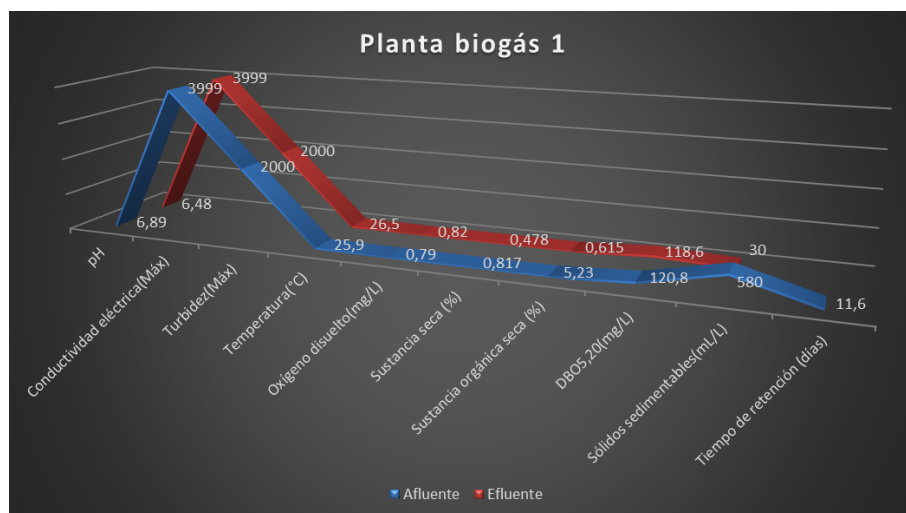


FIGURA 1.
Resultados medidos planta biogás 1.
Elaboración Propia

La planta 1 solo cumple con los parámetros del pH y la relación excreta/agua para la producción de biogás, y para el vertimiento del efluente según la Norma Cubana NC: 27:2012 “Vertimiento de aguas residuales a las aguas terrestres y al alcantarillado” (2012), cumplen el pH, la conductividad eléctrica y la temperatura.

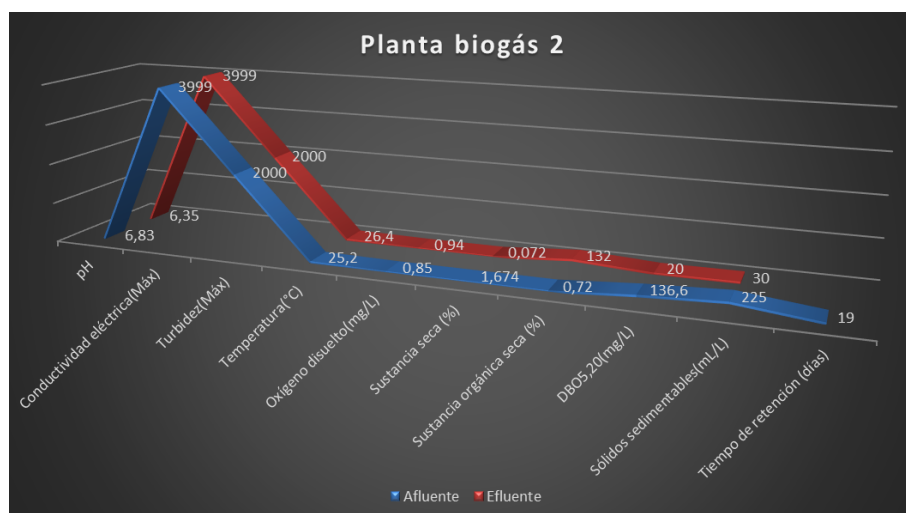


FIGURA 2.
Resultados medidos planta biogás 2.
Elaboración Propia

La planta 2 solo cumple con los parámetros del pH y la relación excreta/agua para la producción de biogás, y para el vertimiento del efluente cumplen el pH, la conductividad eléctrica y la temperatura.

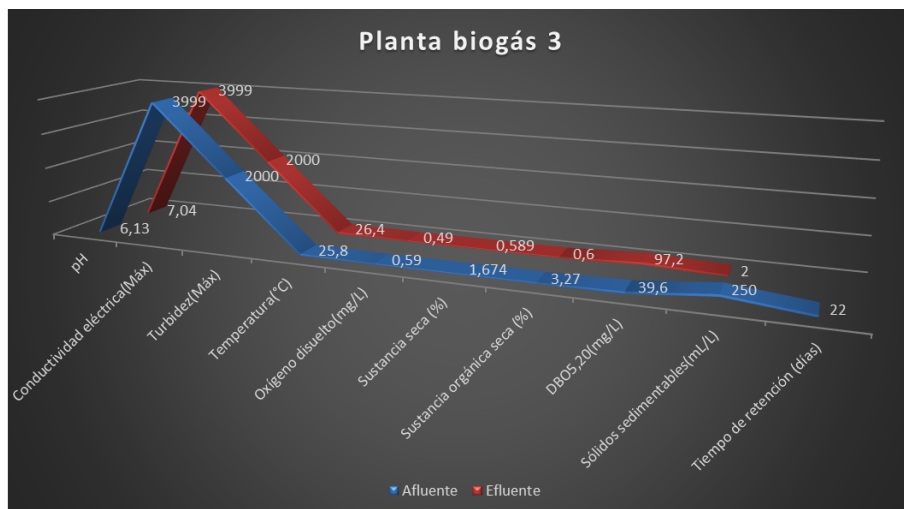


FIGURA 3.
Resultados medidos planta biogás 3.
Elaboración Propia

La planta 3 solo cumple con los parámetros del pH y la relación excreta/agua para la producción de biogás, y para el vertimiento del efluente cumplen el pH, la conductividad eléctrica, la temperatura y los sólidos sedimentables.

Una vez aplicado el procedimiento, se arrojó como resultado que cada una de las plantas producen biogás, aunque este no presenta la calidad óptima, ya que el proceso de fermentación no es completado debido a la falta de tiempo de retención de la biomasa en el biodigestor. Lo cual trae consigo que el efluente no se pueda verter a un cuerpo receptor, pues presenta una gran concentración de sólidos y una DBO_{5,20} elevada. Este problema se debe a que en las cochiqueras existen más cerdos de los considerados en el diseño del biodigestor, por lo que se produce diariamente más biomasa de la que se puede procesar, afectando así el tiempo de retención.

Una de las soluciones a este problema es disminuir la cantidad de cerdos existentes, o aumentar el volumen del biodigestor. Repetir los ensayos para determinar los valores de los parámetros físico-químicos y compararlos con la NC 27:2012 "Vertimiento de aguas residuales a las aguas terrestres y al alcantarillado" (2012). Si estos nuevos resultados no cumplieran con la norma, entonces la solución puede ser la construcción de un humedal artificial o filtro.

CONCLUSIONES

Se propuso un procedimiento para la evaluación del funcionamiento de las pequeñas plantas en cuanto a la producción de biogás y a los parámetros físico-químicos presentes en el afluente y el efluente. Este procedimiento fue aplicado parcialmente a tres pequeñas plantas de biogás del municipio de Holguín, arrojando como resultado que ninguna de ellas funciona correctamente, aunque se produce biogás pero no con la calidad requerida. La principal causa es el volumen de entrada de la biomasa, la cual es mayor que el volumen de diseño del biodigestor. Además algunos de los parámetros medidos en el afluente no cumplen con los valores óptimos para la producción de biogás, y el proceso anaeróbico no es completado debido a la falta de tiempo de retención de la biomasa en el biodigestor. Las características del efluente no cumplen con lo establecido por la NC 27:2012 "Vertimiento de aguas residuales a las aguas terrestres y al

alcantarillado” (2012), pues presentan una gran concentración de sólidos sedimentables y un DBO5 elevado. Una vez analizado los resultados obtenidos de las plantas de biogás, se propone como solución disminuir la cantidad de cerdos y con ellos el volumen de biomasa, y aumentar el tiempo de retención de la biomasa.

REFERENCIAS

- Campos, C. B. (2011). Metodología para determinar los parámetros de diseño y construcción de biodigestores para el sector cooperativo y campesino. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 20 (2). Recuperado de: http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S2071-00542011000200007&script=sci_arttext
- Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras “José Benito Vives De Andréis”. (2003). *Manual de Técnicas Analíticas para la determinación de parámetros físico-químicos y contaminantes marinos (aguas, sedimentos y organismos)*. Recuperado de: <http://www.invmar.org.co/>
- Oficina de Normalización de Cuba. (2012). NC 27/2012: Vertimiento de aguas residuales a las aguas terrestres y al alcantarillado. Recuperado de: <https://es.scribd.com/document/206775298/NC-27-Vertimiento-de-Aguas-Residuales-a-Las-Aguas-Terrestres-y-Al-Alcantarillado-Especificaciones>
- Norma Mexicana NMX-AA-004-SCFI-2000. (2000). *Análisis de agua- Determinación de sólidos sedimentables en aguas naturales, residuales y residuales tratadas- Método de prueba (Cancela a la NMX-AA-004-1997)*. Recuperado de: https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=2ahUKEwjAvcGQy_LfAhXLk1kKHUbpApkQFjAAegQICRAC&u=%3A%2F%2Fwww.anic.org.mx%2Fpqta%2Fpdf%2FNMX-AA-fisicos.pdf&usg=AOvVaw2PalfrUvLKK2rY6LIiYKT
- Norma Venezolana COVENIN 3008-93. (1993). *Aguas naturales, industriales y residuales. Determinación de la Demanda Bioquímica de Oxígeno*. Recuperado de: https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=2ahUKEwi27OKWwflAhUiUvKkKHQoFDvgQFjAAegQICRAC&u=%3A%2F%2Fwww.sencamer.gob.ve%2Fsencamer%2Fnormas%2F300893.pdf&usg=AOvVaw1yp_OiTrWWlnw927a7RAoU