



Ciencia Latina
Internacional

Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, Ciudad de México, México.
ISSN 2707-2207 / ISSN 2707-2215 (en línea), septiembre-octubre 2024,
Volumen 8, Número 5.

https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i5

ANÁLISIS DE LOS SISTEMAS DE MONITOREO LOCAL DE VARIABLES DE PRODUCCIÓN EN LOS PROCESOS DE CONVERSIÓN DE ENERGÍA DEL BIOGÁS

**ANALYSIS OF LOCAL MONITORING SYSTEMS OF
PRODUCTION VARIABLES IN BIOGAS ENERGY
CONVERSION PROCESSES**

Medina Garcés Víctor Manuel

Instituto Superior Tecnológico Ismael Pérez Pazmiño, Ecuador

Carrión Torres Bismar Orlando

Instituto Superior Tecnológico Ismael Pérez Pazmiño, Ecuador

Sánchez Azuero Darwin Patricio

Instituto Superior Tecnológico Ismael Pérez Pazmiño, Ecuador

Armijos Zumba Ciro Patricio

Instituto Superior Tecnológico Ismael Pérez Pazmiño, Ecuador

DOI: https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i5.13636

Análisis de los Sistemas de Monitoreo Local de Variables de Producción en los Procesos de Conversión de Energía del Biogás

Víctor Manuel Medina Garcés¹victor.medina@instipp.edu.ec<https://orcid.org/0000-0002-4376-1411>

Instituto Superior Tecnológico

Ismael Pérez Pazmiño

Ecuador

Bismar Orlando Carrión Torresbismar.carrion@instipp.edu.ec<https://orcid.org/0009-0008-2034-419X>

Instituto Superior Tecnológico

Ismael Pérez Pazmiño

Ecuador

Darwin Patricio Sánchez Azuerodarwinsanchez.isto@instipp.edu.ec<https://orcid.org/0000-0002-6798-4492>

Instituto Superior Tecnológico

Ismael Pérez Pazmiño

Ecuador

Ciro Patricio Armijos Zumbaciro.armijos@instipp.edu.ec<https://orcid.org/0000-0001-9998-5548>

Instituto Superior Tecnológico

Ismael Pérez Pazmiño

Ecuador

RESUMEN

El objetivo, a través de un estudio documental, es determinar la situación del uso de biodigestores en los sectores de producción agrícola mediana, así como la identificación de programas que ofrezcan la posibilidad a nivel nacional o regional de integrar este tipo de aprovechamiento energético, lo que a su vez permite su transformación y optimización en otros usos. La justificación del uso de los diferentes tipos de biodigestores en relación con la aplicación in situ, la cual determina las variables a considerar para los sistemas de control. Análisis de las políticas gubernamentales para la masificación de tecnologías relacionadas con biodigestores como estrategias para la mejora de la producción.

Palabras clave: biodigestor, sistemas de control, transferencia de energía, transformación de la energía, biogás

¹ Autor principal

Correspondencia: victor.medina@instipp.edu.ec

Analysis of Local Monitoring Systems of Production Variables in Biogas Energy Conversion Processes

ABSTRACT

The objective, through a documentary study, is to determine the situation of the use of biodigesters in medium agricultural production sectors, the determination of programs that offer the possibility at national or regional level of integración this type of energy use, which in turn enables its transformation and optimization in other uses. The justification of the use of the different types of biodigesters in relation to the application on site, which determines the variables to be considered for the control systems. Analysis of governmental policies for the massification of technologies related to biodigesters as strategies for production improvement.

Keywords: biodigester, control systems, energy transfer, energy transformation, biogas,

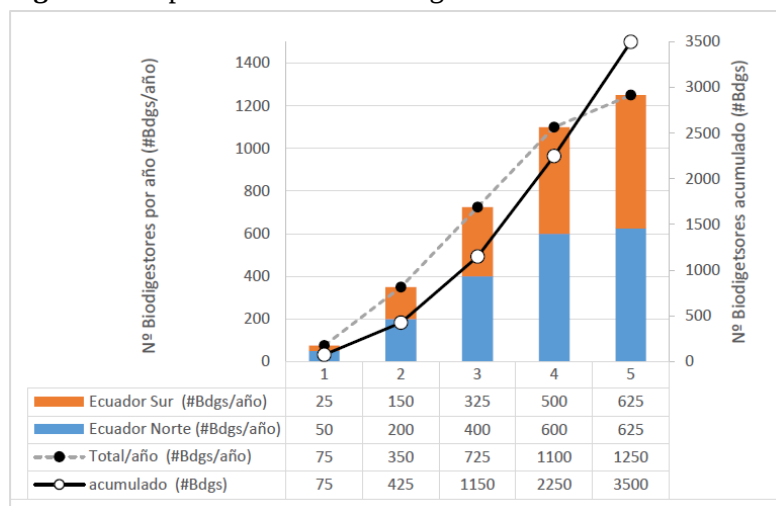
Artículo recibido 08 agosto 2024

Aceptado para publicación: 12 setiembre 2024

INTRODUCCIÓN

La generación de otras fuentes de energía a partir de actividades de reciclaje de materia orgánica como los biodigestores ha sido vista como una alternativa de uso optativo en pequeños y medianos productores. Los sistemas basados en biodigestores generan biogás y fertilizantes para uso inmediato, en algunos casos sin necesidad de mayor procesamiento. En el caso de producción de biogás, proporciona la capacidad de cocinar con este producto, además de propiciar procesos de usos térmicos como una nueva fuente de energía eléctrica. Se presentan biodigestores de diferentes tipos, los de menor costo no utilizan principios activos de calefacción o agitación. En colaboración entre entidades públicas y privadas, se han creado programas de incentivo para el uso masificado de instalación de biodigestores cuyos alcances propuestos demandan la instalación de 3500 unidades en 5 años (Martí Herrero, 2019). Dicha propuesta nace como respuesta al manejo responsable de desechos orgánicos y la posibilidad del manejo de energía residual obtenida del biogás como futura fuente de energía eléctrica a través de mecanismos de generación de turbinas que utilicen los compuestos de gases combustibles, la reinserción de los remanentes de energía en los procesos productivos, parte de una mirada de optimización del consumo eficiente de la energía.

Figura 1. Implementación de biodigestores en 5 años



(Martí Herrero, 2019)

Revisión Literaria

La creciente preocupación mundial por la sostenibilidad ambiental y la necesidad de encontrar fuentes de energía renovable como alternativa a los combustibles fósiles, inciden en la búsqueda de nuevas tecnologías de eficiencia energética, por lo cual el impulso al uso de estas nuevas fuentes de energía

propone retos en su uso cotidiano y bien común. Según Samaniego et al. (2017), los gobiernos en la región han tratado de fomentar la adopción e inversión en energías que mejoren la eficiencia energética, y para lograrlo han implementado diferentes estrategias. Estas estrategias han contribuido a una mayor diversificación del uso de energías renovables, lo que significaría que los gobiernos locales se preocupan por las energías renovables y su implementación en cambios sustanciales para el abordaje de alternativas. Según Dhar et al. (2017), el estudio explora la relación entre la energía renovable y el crecimiento económico y sugiere que la inversión en energía renovable puede contribuir a lograr los objetivos de desarrollo sostenible. Además, Erdogan y Kaygusuz (2016) se manifiestan sobre cómo las técnicas de toma de decisiones basadas en múltiples criterios pueden ser aplicadas en la planificación y gestión de la energía renovable para lograr la sostenibilidad. Lo que significaría una sostenibilidad con el uso de técnicas que se aplicarían en el afán de un crecimiento económico para una comunidad. Para lograrlo, existen tecnologías que llevarían a un proceso exitoso, por lo cual Liu et al. (2018) utilizan un método de descomposición de intensidad de carbono para analizar los factores que influyen en la intensidad de carbono en China y sugieren estrategias para reducir las emisiones de carbono.

La adopción y uso de biodigestores en diferentes contextos y regiones del Ecuador se enfrenta a diversos desafíos y barreras económicas, culturales y tecnológicas. En términos económicos, la inversión inicial y los costos de operación y mantenimiento pueden ser una barrera significativa para su adopción, especialmente en áreas rurales o de bajos ingresos. A nivel cultural, la falta de conciencia y conocimiento sobre el funcionamiento y beneficios de los biodigestores puede limitar su adopción y uso, además, las prácticas agrícolas y ganaderas tradicionales pueden ser un obstáculo para la adopción de nuevas tecnologías como los biodigestores. A nivel tecnológico, la falta de acceso a tecnologías de punta y la escasez de mano de obra capacitada también pueden ser una barrera importante. Según González et al. (2019), la disponibilidad de materiales orgánicos es un factor crítico para el éxito de los biodigestores en las zonas rurales de Ecuador. La diversidad de prácticas agrícolas y ganaderas locales también puede influir en la elección del tipo de biodigestor a implementar y en su rendimiento (Serrano et al., 2016). Por ejemplo, en una región donde se cultiva principalmente caña de azúcar, puede ser más conveniente implementar un biodigestor de tipo batch que pueda procesar residuos de caña de azúcar y otros materiales orgánicos disponibles en la zona (Bolaños et al., 2019).

Para superar estos desafíos y barreras, se requiere una combinación de estrategias, que pueden incluir programas de capacitación y concientización que promuevan el conocimiento y la aceptación de los biodigestores, incentivos financieros y políticas públicas que apoyen la inversión y el desarrollo de la tecnología, y el desarrollo de modelos de negocio sostenibles que permitan la adopción y uso a largo plazo de los biodigestores.

Aporte de la electrónica en el tratamiento de biodigestores

La electrónica ha desempeñado un papel importante en la optimización y el control de diferentes elementos en la industria y se encuentra en todas partes de nuestra vida cotidiana. Algunas de las aplicaciones electrónicas también se encuentran en el tratamiento de biodigestores, los cuales constituyen una aplicación para el aprovechamiento del biogás y la utilización de esta energía. La electrónica ha jugado un papel importante en el tratamiento de biodigestores al permitir el monitoreo y control de variables como la temperatura, el pH y la concentración de gases, lo que a su vez mejora la eficiencia. Según Li et al. (2018), la electrónica es esencial para el monitoreo y control de biodigestores, permitiendo una mayor eficiencia en el proceso de digestión anaerobia. A lo que Luo et al. (2021) señalan que el uso de sensores y sistemas de automatización en el tratamiento de biodigestores mejora la detección temprana de posibles problemas y la toma de medidas correctivas para evitar interrupciones en la producción de biogás. Entonces, en lo posible indican procesos que se pueden llevar a cabo y que aplicando la electrónica se pueden obtener resultados de optimización en la extracción del biogás.

Sistemas de control de biodigestores

Los sistemas de control de biodigestores son herramientas esenciales para optimizar la producción de biogás y mejorar la eficiencia energética del proceso. Según la investigación de Xu et al. (2015), estos sistemas permiten supervisar y ajustar variables como la temperatura, el pH, la cantidad y calidad de los sustratos, y el nivel de agitación, lo que puede aumentar significativamente la producción de biogás. Además, los sistemas de control también ayudan a prevenir fallos y problemas en el proceso, lo que reduce los costos y los riesgos ambientales asociados con la producción de biogás (Dhar et al., 2017). La implementación de sistemas de control en biodigestores es esencial para mejorar la eficiencia energética en los procesos de biodigestión y optimizar la producción de biogás. Aunque su puesta en marcha puede enfrentar ciertos obstáculos, estos sistemas representan una gran oportunidad para

mejorar la rentabilidad y sostenibilidad de la producción de biogás. En resumen, la implementación de sistemas de control de biodigestores permite maximizar el aprovechamiento de los recursos energéticos, reducir costos y mejorar la eficiencia en los procesos de producción de biogás, lo que resulta beneficioso tanto para el medio ambiente como para la economía de una ciudad. A pesar de los beneficios evidentes de los sistemas de control de biodigestores, su implementación puede ser costosa y requiere un alto nivel de experiencia técnica. Además, algunos operadores de biodigestores pueden ser reacios a adoptar nuevas tecnologías debido a la falta de familiaridad y confianza en estos sistemas (Xu et al., 2015). Sin embargo, los avances en la tecnología y la disminución de los costos están haciendo que estos sistemas sean cada vez más accesibles y asequibles para los usuarios de biodigestores. Los sistemas de control de biodigestores son herramientas esenciales para optimizar la producción de biogás y mejorar la eficiencia energética de los procesos de biodigestión. A pesar de los desafíos y barreras asociados con su implementación, estos sistemas ofrecen una gran oportunidad para mejorar la rentabilidad y la sostenibilidad de la producción de biogás.

Variables en un biodigestor

El control de un biodigestor puede variar dependiendo del diseño y el tamaño del sistema. En los sistemas más pequeños, un mecanismo de control manual, como una válvula, puede ser suficiente. Los sistemas más grandes pueden requerir un sistema de control automático que monitorice los niveles de biogás para asegurar que se mantengan dentro de los límites seguros. En tal sentido, el sistema de control de un biodigestor también puede utilizar sensores para monitorizar variables como la temperatura, el pH y la presión. Estos datos se recopilan y procesan para controlar el flujo de los líquidos, ajustar la alimentación de los microorganismos, controlar la temperatura, entre otros (Aguilar Álvarez, 2013).

Tipos de residuos que se pueden utilizar

De acuerdo a lo señalado por Umana (2013), es importante conocer con qué tipo de material se puede alimentar un biodigestor ya que no todos pueden ser degradados, entre ellos, los desechos de cocina (restos de frutas y verduras, restos de comidas, desechos de alimentos, harinas y trigos, lácteos, restos de carnes, etc.); residuos de cultivos (hojas, maleza, semillas, residuos de poda, descartes de frutas y verduras, etc.); residuos de granja (cama de corral, estiércol y orina de animales, residuos de alimentos de animales, etc.), y residuos de la industria relacionada con elementos orgánicos no contaminados.

Por otro lado, no se debe alimentar al biodigestor con desechos insecticidas o líquidos de limpieza, huesos, cáscara de huevos, papel, vidrio o cualquier elemento no orgánico.

Características físico-químicas a controlar

Temperatura. - El proceso de biodigestión anaeróbica puede ser realizado en tres rangos de temperatura: Psicrófilo (por debajo de los 20°C), Mesófilo (entre los 30 y 40°C) y Termófilo (entre los 50 y 60°C). El aumento de la temperatura produce un mayor crecimiento bacteriano y, en consecuencia, mayor producción de biogás. Es importante señalar que, en el rango termófilo, se manifiesta una mayor capacidad de tratamiento de materiales, por unidad de tiempo, y, por lo tanto, un menor tiempo de digestión, posibilitando así la construcción de digestores de menores dimensiones y, por lo tanto, bajando el nivel de inversión. También disminuye la viscosidad, lo que permite un menor consumo energético en el bombeo y en la agitación. En esta temperatura de trabajo se asegura, además, la destrucción de patógenos y huevos o larvas de insectos, por lo cual presenta interés para el tratamiento de residuos que luego han de ser aplicados a suelos y cultivos, que requieran un cierto grado de higienización. Sin embargo, este tipo de sistema requiere de mayor control y seguimiento, debido a que a altas temperaturas el nitrógeno amoniacal se comporta como inhibidor. Además, hay que considerar que los sistemas termófilos tienen una mayor demanda energética térmica, por el simple hecho que necesitan una mayor temperatura para operar. Independientemente del rango de temperatura, la literatura recomienda que no existan fluctuaciones de temperaturas mayores a 3°C ya que esto tiene un efecto perturbador sobre la comunidad microbiana presente (Reynoso, 2017).

Agitación/mezclado. - Es importante mantener cierto grado de agitación durante el proceso de digestión, esto ayudará a homogeneizar los sustratos con los que se alimenta el digestor, además, una distribución uniforme de calor, evitando la formación de espumas o suspensión de sedimentos y favorecer la circulación de gases. La agitación puede efectuarse de manera mecánica o neumática, pero en ningún caso puede ser violenta, ya que podría destruir los flóculos o agregados bacterianos, necesarios para mantener un proceso estable.

Desulfuración biológica. - Entre los gases producidos por el biodigestor, encontramos el sulfuro de hidrógeno (SH₂), gas que tiene la capacidad de formar bacterias que compiten con las formadoras de metano, con efectos contaminantes (lluvia ácida), corrosivos y altamente tóxico para la salud. En

condiciones ideales, el SH₂ debe ser removido o al menos reducido a menos de 1000 ppmv (0,1% en volumen). Para una operación libre de problemas, el SH₂ residual en el biogás tratado debería ser inferior a 20 mg/Nm (Wellinger, s.f.).

Inhibición y toxicidad. - El decrecimiento e intoxicación de los microorganismos que forman parte de la biomasa, son causados por el nivel de concentración de amonio y el grado de acidez o alcalinidad de la misma. Es importante destacar que no se encuentran bien definidos los niveles de amonio y pH, que pueden afectar el correcto funcionamiento de un biodigestor, esto debido a la elevada capacidad de adaptación de la flora microbiana y al hecho de que también depende de la temperatura. Sin embargo, en términos generales, para concentraciones de amoníaco en el rango de 1500–3000 mg/L y niveles de pH superiores a 7,4 se considera tóxico; mientras que una concentración mayor a los 3000 mg/L se considera tóxica para cualquier nivel de pH (Sidén Paiva, 2017).

METODOLOGÍA

La investigación propuesta es de tipo aplicada, de campo, explicativa, longitudinal, experimental, estudia una situación específica y se ejecuta desde un paradigma socio-crítico. Se utiliza recopilación de información de fuentes secundarias como base de estudio, con enfoque hacia grupos que se mencionan utilizan biodigestores en sus procesos de producción de forma directa o indirecta. A nivel de región, los sectores que agrupan a los pequeños y medianos productores se reflejan como primeros afectados en cambios a niveles climáticos o de políticas gubernamentales, el proceso de intermediación del producto o la falta de transformación de materia prima resta su competitividad frente a ofertas que superan en volumen o velocidad de producción de grupos que ocupan tecnología o un mercado asegurado para sus ventas. De esta manera, se supone como estrategia el uso de energías alternativas que permitan la optimización e incluso el reciclaje de sus desechos, para reinvertirlos en sus procesos, de tal manera la propuesta de biodigestores como alternativa de generación de otras energías se prevé como una oportunidad para mejoramiento de condiciones de producción (Martí Herrero, 2019).

La propuesta del presente trabajo de investigación gira en torno a integrar metodologías de control automático a los biodigestores, con uso como productor de combustible. A nivel de Ecuador, el crecimiento de demanda de instalación de biodigestores se ha visto implicado por razones como el subsidio al gas licuado de petróleo que en envases de forma directa o intermedia se utiliza en procesos

productivos; además de masificación de los tendidos de redes eléctricas, cuyo servicio igualmente subsidiado permite el cambio de elementos rotatorios en base a combustibles fósiles a sistemas eléctricos, sin embargo, se presenta una brecha en el acceso a estas redes en sitios alejados de los centros urbanos, donde las alternativas a otras formas de generación de energía se vuelven apremiantes. Los primeros usos de biodigestores partieron de iniciativas de asociaciones de pequeños productores agropecuarios reunidos mediante la Coordinadora Ecuatoriana de Agroecología (CEA), incluyendo a la provincia de El Oro, con biodigestores tubulares de plástico (Herrero, 2019).

Figura 2. Biodigestor BOTERO-PRESTON, sector Las Lajas en 2013



(Herrero, 2019)

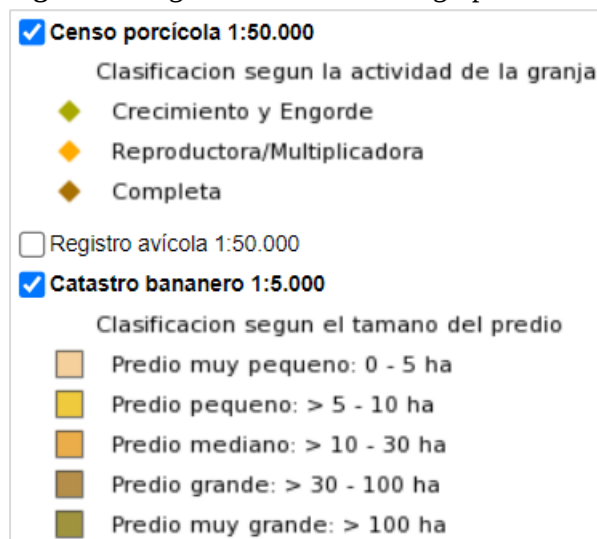
Se articuló alternativas mediante asociación REDBIOEC como contraparte nacional de Red de Biodigestores de Latinoamérica y el Caribe (REDBIOLAC), que está retomando las actividades mediante talleres de capacitación. Se presentan esfuerzos a través de entes gubernamentales con sus principales propuestas como son:

- Ministerio de Energía y Recursos Naturales no Renovables, con el Atlas Bioenergético del país, que muestra el potencial de biogás a partir de residuos orgánicos.
- Ministerio del Ambiente, con proyecto Aprovechamiento Energético de Residuos Agropecuarios (GENCAPER), mediante un trabajo denominado Manual de Análisis de tecnologías y experiencias en biodigestores en Ecuador, con enfoque a industrias de transformación alimentaria.
- Ministerio de Agricultura y Ganadería, a través del programa de bio insumos.
- Ministerio de Comercio Exterior, Producción, Inversiones y Pesca, con proyectos de tratamiento de aguas residuales en camales, pero se dio por culminado al no obtener resultados satisfactorios.

Sectores y Regiones de Interés

Experiencias en otros países como Colombia, en los cuales se han propuesto los Programas Nacionales de Biodigestores (PNB), recomiendan el establecimiento en sectores pecuarios y de mayor potencial para los biodigestores. En el caso de Ecuador, se consideran Costa y Sierra, en sectores porcino y lechero o actividad pecuaria mayormente desarrollada (Herrero, 2019).

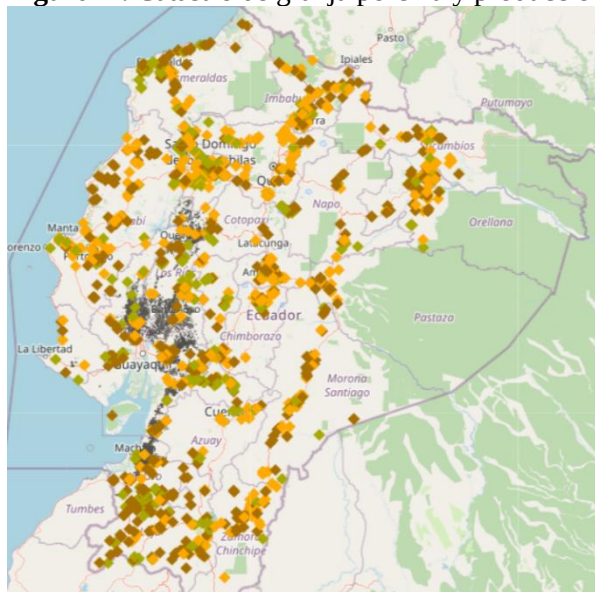
Figura 3. Registro administrativo agropecuario de granja porcina y producción bananera



(<http://geoportal.agricultura.gob.ec/>)

Distribución de granjas porcinas y haciendas bananeras en Ecuador, territorio continental

Figura 4. Catastro de granja porcina y producción bananera



(<http://geoportal.agricultura.gob.ec/>)

La provincia de El Oro concentra un buen número de productores del grupo de interés para desarrollo de la propuesta y medición de resultados.

Tipos de Biodigestor por Tipo de Productor

Se propone una tipología en función del volumen producido por el biodigestor y el potencial uso (Herrero, 2019).

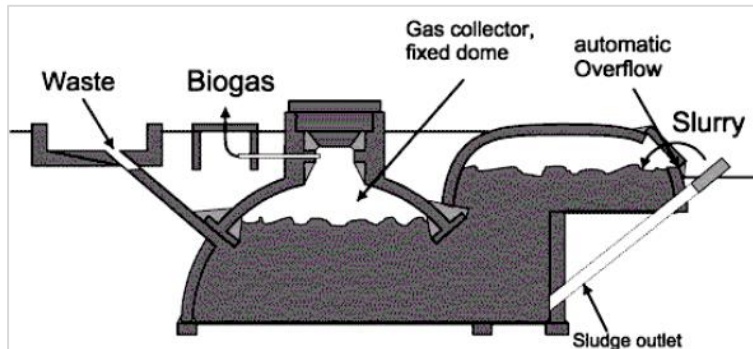
- Doméstico: biodigestores que producen de 1 a 2 m³ por día, que pueden suministrar energía para una familia, preferentemente uso en cocina.
- Productivo: producción mayor a 2 m³ por día, a más de servir como combustible para cocina se puede utilizar en medios para generación de calor.
- Ambiental: uso principal en tratamiento de residuos orgánicos, si el biogás supera lo necesario es quemado en un sistema de antorcha fija.

Funcionamiento de un Biodigestor

La producción de biogás en un biodigestor es debido a multitud de grupos de bacterias denominado consorcio bacteriano, que, en base a un proceso definido como digestión anaerobia, producen secuencia de cadena donde los residuos dejados por un grupo de bacterias sirven como materia prima para otro grupo de bacterias. Estos residuos, denominados sustratos, sirven para producir biogás y fertilizantes. No se recomiendan otros residuos orgánicos como desechos de cosechas, de alimentos procesados, por cuanto no disponen de estos consorcios de bacterias. La eficiencia de la denominada digestión anaerobia depende de dos factores principales como son temperatura y tiempo de digestión. A temperaturas cercanas a los 35°C, la digestión aerobia se precisa de forma rápida, mientras que valores menores a 20°C requieren de mayor tiempo de degradación de la materia. Con esto se puede incluir en la clasificación un tipo de biodigestor activo que cuenta con un sistema que mantiene fija la temperatura interna a 35°C, lo que permite reducir el tiempo, pero incrementa el costo de instalación y mantenimiento. Los biodigestores pasivos, que no contienen estos sistemas de calefacción internos o agitación, son de menor costo. Dependiendo de la infraestructura se dispone de dos modelos: tubulares y de domo fijo.

Domo Fijo: contruidos de cemento con vida útil de hasta 20 años, normalmente contruidos de cementos y ladrillo, conformado con dos bóvedas, uno principal totalmente enterrado que actúa como cámara principal donde se realiza el proceso de digestión anaerobia; y otro más pequeño semienterrado, que es abierto y actúa como cámara de compensación para regular la presión del biogás.

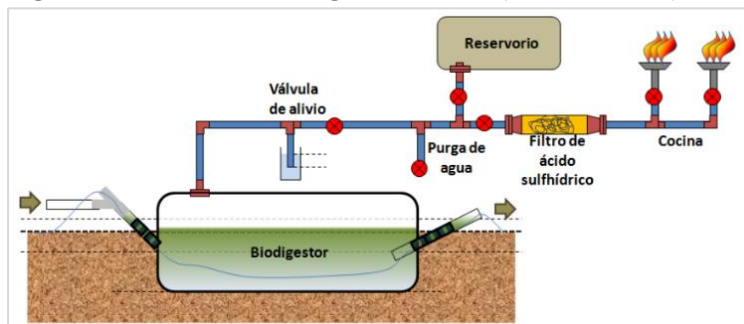
Figura 5. Modelo de biodigestor tipo domo



(Herrero, 2019)

Biodigestor Tubular: hechos de plástico o geomembranas con grosor superior a los 0.75mm, son de durabilidad entre los 5 a 7 años, a nivel comercial se los ofertan prefabricados, los cuales son montados en menor tiempo y contruidos in situ.

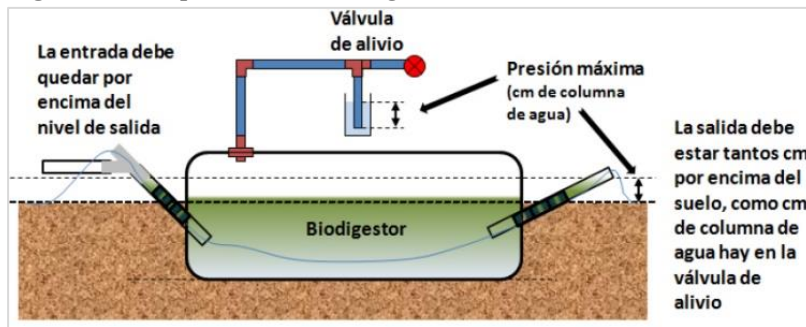
Figura 6. Modelo de biodigestor tubular (Herrero, 2019)



Variables de Control en Biodigestor

Siendo un sistema que funciona en base a procesos aeróbicos y se obtiene biogás que es altamente volátil, los recursos inmersos en el control deben ser no invasivos y en lo posible no generar chispas ni cambios bruscos de tensiones. Se visualizan las variables en función del siguiente esquema para la interpretación de los sistemas a considerarse:

Figura 7. Subprocesos en biodigestor



(Herrero, 2019)

Control de nivel de agua

- Sistema de medición de nivel
- Activación electroválvula para salida de agua

Control de presión:

- Sensor de presión
- Electroválvula de alivio

Control de temperatura:

- Sensor de temperatura
- En caso de ser biodigestor activo, se incluye sistema de calefacción

Monitoreo de variables:

- Sistema de adquisición de datos
- Sistema de almacenamiento de datos

Sistema de alertas:

- Alerta de pérdida de presión
- Alerta de temperatura: límites superior e inferior

Control de tiempo de digestión:

- Reloj de tiempo real, en base a temperatura se controla el tiempo de accionamiento de electroválvulas de salida de biogás.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El enfoque de biodigestores como alternativa de política o estrategia de uso o transformación de energía alternativa, a través de asociaciones o entes públicos, pueden orientarse hacia grupos de productores

agrícolas de mediana y pequeña escala.

A nivel de la provincia no se cuenta con mayor información de asociaciones que difundan o capaciten en materia de biodigestores.

La estructura de un biodigestor se conforma de varias cámaras, al ser producto de acción de bacterias, debe reunir condiciones que propicien su crecimiento y desarrollo en un lugar controlado.

Los biodigestores pre fabricados se presentan como oferta de fácil y rápida instalación a menor costo con capacidad de traslado en menor tiempo.

Los sistemas de control se componen de subprocesos que deben en lo posible no generar chispas o cambios de potencial eléctrico.

CONCLUSIONES

De experiencias de otros países con similares condiciones climáticas a Ecuador, se determina que el país reúne las condiciones para instalación de biodigestores, en caso de provincia de El Oro en sector agrícola y granjas porcinas.

Se requiere formalizar estrategias de nuevas energías alternativas basados en la implementación de sistemas de reciclaje de materias orgánicas.

Se debe mejorar la accesibilidad a mecanismos de control automáticos para la optimización de los sistemas de generación energías alternativas.

A la par del fortalecimiento de las propuestas de energías alternativas es inherente la colaboración en difusión de ayudas económicas o programas institucionales para la masificación de estos sistemas a nivel regional.

Finalmente, la tecnificación de los sistemas de control en biodigestores permitirá su uso en integración de subprocesos de producción, permitiendo un incremento en acceso a recursos energéticos de fuentes renovables, logrando un grado de independencia en relación al uso de fuentes consumidoras de recursos combustibles primarios de combustibles

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aguilar Álvarez, G. (2013, mayo). Control de temperatura y pH aplicado en biodigestores modulares de estructura flexible con reciclado de lodos a pequeña escala. México: Centro Universitario Querétaro, Qro.

- Dhar, H., Kalamdhad, A. S., & Kazmi, A. A. (2017). Design, optimization and techno-economic analysis of a biomethanation plant for the treatment of organic fraction of municipal solid waste. *Renewable Energy*, 101, 421-430. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2016.09.013>
- Erdogan, V., & Kaygusuz, K. (2016). Renewable energy and sustainability: An overview of the application of multiple criteria decision making techniques in renewable energy planning and management. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 53, 1-10. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.07.014>
- González, A., Cedeño, D., & Alvarado, E. (2019). Evaluation of a small-scale biogas system in rural Ecuador. *Renewable Energy*, 139, 438-443. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2019.02.011>
- Herrero, J. M., Cuji, P., Ramírez, V., Rodríguez, L., Domínguez, D. L., & Cipriano, J. (2015). Hacia un sector de biodigestores sostenible en Ecuador: Insumos para un componente de biodigestores de PNABE.
- Li, Y., Li, H., Li, L., Li, Y., & Wang, G. (2018). Research on intelligent control of biogas production process based on wireless sensor network. *Journal of Sensors*, 2018, 1-7. <https://doi.org/10.1155/2018/8485342>
- Luo, Y., Zhang, R., & Zou, D. (2021). The application of wireless sensor networks in monitoring and controlling biogas fermentation process. *Journal of Cleaner Production*, 281, 125174. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.125174>
- Martí Herrero, J. E. (2019). Biodigestores tubulares: Guía de diseño y manual de instalación.
- Martí Herrero, J. E. (2019). Experiencias Latino Americanas en la democratización de los biodigestores: Aportes a Ecuador.
- Reynoso, M. A. (2017). Biodigestión anaeróbica: una alternativa para el tratamiento de la Fracción Orgánica de Residuos Sólidos Urbanos. Universidad Nacional de Cuyo, Mendoza, Argentina.
- Samaniego, J., Galindo, L. M., Mostacedo Marasovic, S. J., Ferrer Carbonell, J., Alatorre, J. E., & Reyes, O. (2017, abril). El cambio climático y el sector de energía en América Latina. Naciones Unidas. https://www.cepal.org/sites/default/files/news/files/sintesis_pp_cc_cambio_climatico_y_el_sector_de_energia.pdf

- Serrano, P., Hidalgo, D., Ortega-Martínez, J., & Arrieta, F. (2016). A proposal for selecting appropriate anaerobic digestion technology for rural communities. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 57, 415-425. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.12.134>
- Sidén Paiva, D. (2017). Plataforma de un sistema embebido para el control y monitoreo en tiempo real aplicado a biodigestores para la óptima producción de biogás. Piura, Perú: PIRHUA.
- Wellinger, A. Design of biogas digester in developing countries (No. 19261). Biogas-Projekt, Suiza: Nationaler Energie-Fond.
- Xu, F., Shi, Y., Wang, X., & Yu, H. (2015). A review of biomass-derived catalysts for syngas production via biogas reforming. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 45, 344- 359. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.01.049>