Horizonte Académico
Revista Multidisciplinaria
Recibido:13/05/2024 Aprobado:09/06/2024

DOI: https://doi.org/10.70208/3007.8245.v4.n4.14

Diseño y Construcción de un Biodigestor para la Producción de Biogás a partir de Residuos Orgánicos en Bolivia

Helmer Gutiérrez Corani
dhelmer75@gmail.com
Departamento de Asignaturas Básicas
Facultad Técnica
Universidad Técnica de Oruro

Raúl Alfredo Quispe Coca
quispe.raul1968@gmail.com
Departamento de Asignaturas Básicas
Facultad Técnica
Universidad Técnica de Oruro

RESUMEN

En la historia boliviana, nuestro país se ha caracterizado por su extracción y exportación de gas natural convirtiéndose en una fuente importante de ingresos y desarrollo económico, sin embargo diversos factores han llevado a una crisis general del gas, Bolivia se ha convertido en un país sumamente dependiente de este recurso, y a medida que se explotan estas reservas se vuelve más difícil encontrar nuevos yacimientos, estimando que en la realidad nuestras reservas no fueran suficientes para la actividad exportadora al ritmo actual y el consumo interno. Tomando conciencia sobre el tema hemos visto la necesidad de implementar energías limpias alternativas. Es de tal forma que nace la idea de estudiar e investigar sobre el aprovechamiento se puede dar a la gestión sostenible de los residuos orgánicos en nuestro medio. En este estudio se llevó a cabo un diseño detallado y la fabricación de un biodigestor considerando tamaño, capacidad de procesamiento, los materiales de construcción y los parámetros de operación. Se seleccionaron los residuos orgánicos adecuados como restos de alimentos y estiércol animal para alimentar el digestor biológico y obtener la producción de biogás La construcción del proyecto se realizó siguiendo los lineamentos establecidos, utilizando materiales accesibles y de bajo costo. Se emplearon técnicas de ensamblaje y sellado adecuado para garantizar la hermeticidad y eficiencia del sistema, una vez construido se puso en funcionamiento y se realizaron pruebas experimentales para evaluar su desempeño, se monitorearon parámetros como temperatura, producción de biogás con la finalidad de obtener resultados óptimos. Tales resultados lograron demostrar la producción de biogas. Además, se logra a través de este proceso utilizar los residuos como fertilizante (biomasa- biol) en el ámbito agrícola.

Palabras clave: biogás, biodigestor, residuos orgánicos

Design and Construction of a Biodigester for Biogas Production from Organic Waste in Bolivia

ABSTRACT

In Bolivian history, our country has been characterized by its extraction and export of natural gas, becoming an important source of income and economic development. However, various factors have led to a general gas crisis. Bolivia has become an extremely dependent on this resource, and as these reserves are exploited it becomes more difficult to find new deposits, estimating that in reality our reserves were not sufficient for export activity at the current rate and domestic consumption. Becoming aware of the issue, we have seen the need to implement alternative clean energies. It is in such a way that the idea of studying and researching the use that can be given to the sustainable management of organic waste in our environment was born. In this study, a detailed design and manufacturing of a biodigester was carried out considering size, processing capacity, construction materials and operating parameters. Appropriate organic waste was selected, such as food remains and animal manure, to feed the biological digester and obtain biogas production. The construction of the project was carried out following established guidelines, using accessible and low-cost materials. Assembly and appropriate sealing techniques were used to guarantee the airtightness and efficiency of the system. Once built, it was put into operation and experimental tests were carried out to evaluate its performance. Parameters such as temperature and biogas production were monitored in order to obtain optimal results. . Such results were able to demonstrate the production of biogas. In addition, through this process it is possible to use waste as fertilizer (biomass- biol) in the agricultural field

Keywords: bioga, biodigester, organic waste

Conflictos de Interés: Ninguna que declarar Todo el contenido de Horizonte Académico - Revista Científica, publicado en este sitio están disponibles bajo Licencia Creative Commons

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de investigación tiene gran importancia con orientaciones del diseño y construcción de un reactor biológico capaz de generar metano (biogás). De ahí su novedad y su principal aporte para el suministro de gas, para las comunidades más alejadas, ya que estas no cuentan con estos recursos. Al realizar un estudio de los factores que han influido en la producción de biogás, se identificaron oportunidades de generación de combustible renovable o de segunda generación.

El biogás es una fuente de energía renovable que se produce a partir de la descomposición anaeróbica de materia orgánica. Este proceso, llevado a cabo en un biodigestor, permite transformar residuos orgánicos en un recurso energético valioso, lo que no solo contribuye a la gestión de residuos, sino que también ofrece una alternativa viable a los combustibles fósiles. En un contexto donde la crisis energética global y los problemas ambientales relacionados con la explotación de recursos no renovables se hacen cada vez más evidentes, la producción de biogás se posiciona como una solución estratégica tanto a nivel local como global.

Además, la implementación de biodigestores tiene un impacto positivo en la reducción de la contaminación ambiental. Los residuos orgánicos, que de otro modo contribuirían a la contaminación de mantos acuíferos, suelos y atmósfera, son convertidos en biogás y fertilizantes orgánicos, cerrando así el ciclo de los nutrientes y minimizando la huella ambiental. Este enfoque es particularmente relevante en áreas rurales y comunidades alejadas, donde los servicios de gestión de residuos son limitados y el acceso a fuentes de energía es restringido.

La construcción de un biodigestor no solo responde a la necesidad de generar energía limpia, sino que también aborda problemas socioeconómicos significativos. En las provincias y áreas rurales de Bolivia, el desabastecimiento de gas y la dependencia de combustibles importados son problemas críticos. La posibilidad de producir gas metano a nivel local no solo garantiza un suministro energético estable, sino que también empodera a las comunidades, reduciendo su dependencia de fuentes externas y fortaleciendo su autonomía económica.

El proyecto de investigación presentado en la 8va Feria de Investigación Ciencia y Tecnología de la Facultad Técnica no solo se enfocó en el diseño y construcción del biodigestor, sino también en la optimización del proceso de producción de biogás. Utilizando el programa Autodesk Inventor para el diseño mecánico en 3D, se logró desarrollar un modelo preciso y funcional del biodigestor, que fue posteriormente validado a través de simulaciones y pruebas experimentales. Este enfoque metodológico asegura que el biodigestor diseñado no solo sea eficiente en términos de producción de biogás, sino que también sea accesible y replicable en otras comunidades.

Situación Problémica: a) La contaminación de mantos acuíferos, lagos, ríos y otros con desechos orgánicos, b) El desabastecimiento de gas en las provincias, c) El agotamiento de reservas de gas en el país y d) Daños ambientales producidos por el uso de fertilizantes artificiales o químicos (agotadores de la capa de ozono y contaminantes de suelos y subsuelos).

Objetivo General: Reducir la contaminación ambiental por desechos orgánicos.

Objetivos Específicos:

1. Elaborar los planos de diseño de un biodigestor.
2. Construir un biodigestor para la producción de gas metano y abono orgánico.

MATERIALES Y MÉTODOS

El montaje experimental guarda relación con la simulación de un biodigestor, lo cual es esencial para comprender y optimizar el proceso de producción de biogás en condiciones controladas. Los requerimientos energéticos varían considerablemente entre una planta pequeña y una a gran escala. En general, las plantas pequeñas necesitan más energía eléctrica por tonelada de materia procesada debido a las limitaciones en el aprovechamiento del calor generado durante la fermentación, que en instalaciones más grandes puede ser reutilizado eficientemente. Esta diferencia en los requerimientos energéticos subraya la importancia de ajustar el diseño y la operación del biodigestor según la escala y las condiciones específicas del entorno en el que se implementará.

Para el desarrollo y montaje del trabajo experimental, se seleccionaron cuidadosamente los materiales necesarios para construir el biodigestor. Entre los materiales empleados se encuentran dos depósitos

de PVC de 50 litros, los cuales sirven como el componente principal del biodigestor, proporcionando un entorno cerrado y resistente para la fermentación de los residuos orgánicos. Además, se utilizaron válvulas de paso y tubos de PVC de ½ pulgada, elementos cruciales para el manejo y control del flujo de gases y líquidos dentro del sistema. El depósito para desechos orgánicos se diseñó específicamente para almacenar y procesar los materiales que serán degradados anaeróbicamente.

El uso de mangueras plásticas permitió una conexión flexible y segura entre los diferentes componentes del biodigestor, asegurando la hermeticidad necesaria para evitar fugas de gas y mantener la eficiencia del proceso. Asimismo, se empleó acero estructural AISI A36, conocido por su durabilidad y resistencia, para construir las partes estructurales del biodigestor que deben soportar presiones y tensiones significativas. Los electrodos, abrazaderas, pernos y tornillos fueron seleccionados por su capacidad para asegurar un ensamblaje firme y duradero, garantizando la estabilidad y funcionalidad del biodigestor a lo largo del tiempo.

El procedimiento para fabricar el biodigestor se dividió en tres fases principales. En la fase inicial de la investigación, se aplicó la técnica de lluvia de ideas, la cual fue fundamental para explorar diferentes enfoques y soluciones al desafío de construir un biodigestor eficiente y viable. Esta técnica facilitó un entendimiento profundo del tema y permitió identificar las principales problemáticas a resolver durante el diseño y la construcción del sistema.

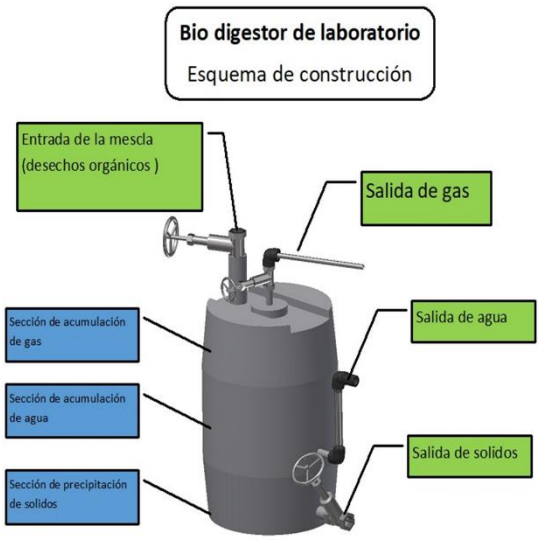
La segunda fase, correspondiente al diseño de la estructura, incluyó varias etapas críticas, como el diseño conceptual, donde se definieron las características principales del biodigestor; el análisis químico y fisicoquímico, que permitió evaluar las reacciones y los procesos que ocurrirían dentro del biodigestor; y el diseño mecánico, donde se detallaron las especificaciones técnicas de los componentes estructurales. Además, se realizó una simulación en realidad virtual, la cual permitió visualizar y ajustar el diseño antes de la construcción física, asegurando que todos los elementos funcionaran en armonía y que el sistema cumpliera con los objetivos propuestos.

Finalmente, en la fase de ejecución, se procedió a la elaboración de las piezas necesarias en un taller de banco, donde se llevó a cabo el corte, moldeado y ensamblaje de los materiales seleccionados. La

ejecución de los depósitos denominados Tecnobiogas requirió una cuidadosa unión de piezas y componentes en el taller de banco, seguida de pruebas químicas para verificar la reacción de los materiales y la producción de biogás en condiciones controladas. Este proceso culminó con el montaje final del biodigestor, asegurando que todas las conexiones fueran herméticas y que el sistema estuviera listo para su operación.

Existe una amplia variedad de diseños para los digestores, cada uno adaptado a diferentes tipos de procesos y objetivos específicos. La selección del diseño adecuado es crucial para el éxito del proyecto. En este caso, se optó por un biodigestor de laboratorio, que, aunque de menor escala, permitió obtener resultados precisos y replicables, proporcionando una base sólida para futuras ampliaciones y aplicaciones en contextos más amplios. La figura 1 muestra el diseño de la estructura del biodigestor utilizado en este proyecto.

Figura 1. Diseño de estructura del BIODIGESTOR



RESULTADOS

Destacar la necesidad de promover la conciencia y educación ambiental para fomentar la adopción y el uso generalizado de estos biodigestores. El proyecto de investigación biodigestor denominado TECNOBIOGAS ha demostrado ser una solución innovadora y práctica para abordar el agotamiento de gas y la contaminación en Bolivia. Su éxito implica beneficios tanto a nivel individual, a través del acceso a una fuente de energía más sostenible, como a nivel colectivo, mediante la reducción de la

contaminación y el fortalecimiento de la agricultura sostenible. Es fundamental impulsar su implementación en comunidades a lo largo del país, fomentando así un futuro más limpio y sostenible. Las pruebas realizadas durante el desarrollo del proyecto confirmaron la eficiencia del biodigestor en la producción de biogás a partir de residuos orgánicos. Uno de los resultados más relevantes fue la capacidad del sistema para convertir una cantidad significativa de desechos en gas metano, logrando así no solo una gestión eficiente de los residuos, sino también la generación de una fuente de energía limpia. Este proceso contribuye a la reducción de la dependencia de combustibles fósiles y a la disminución de emisiones de gases de efecto invernadero, lo que tiene un impacto directo en la mitigación del cambio climático.

Además, se observó que la producción de biogás varía en función del tipo de residuo orgánico utilizado, así como de las condiciones operativas del biodigestor, como la temperatura y el pH. Durante las pruebas, se identificaron los residuos más efectivos para la generación de biogás, como el estiércol animal y los restos de alimentos, que mostraron un rendimiento superior en comparación con otros materiales. Estos hallazgos son cruciales para optimizar el proceso y garantizar una producción continua y estable de biogás en diversas condiciones.

Otro aspecto destacado en los resultados es la calidad del biogás producido. Las mediciones realizadas indicaron un alto contenido de metano, lo que asegura un poder calorífico adecuado para su uso en diversas aplicaciones, desde la cocción en hogares rurales hasta el uso en pequeñas industrias locales. Además, el análisis del subproducto del proceso, conocido como digestato, reveló que este material es un fertilizante orgánico de alta calidad, rico en nutrientes esenciales como nitrógeno, fósforo y potasio, lo que lo convierte en un recurso valioso para la agricultura sostenible.

Finalmente, se evaluó la viabilidad económica del biodigestor en diferentes escenarios de implementación, considerando tanto el costo de construcción como los beneficios a largo plazo en términos de ahorro energético y mejora de la productividad agrícola. Los resultados sugieren que, con una inversión inicial relativamente baja, es posible obtener un retorno significativo, especialmente en comunidades rurales donde el acceso a recursos energéticos y fertilizantes es limitado. Esto refuerza la

idea de que los biodigestores no solo son una solución técnica viable, sino también una inversión económicamente sostenible para las comunidades que los adopten.

Tabla 1. Propiedades del BIOGAS

Composición	55 – 70% Metano (CH4) 30 – 45% Dióxido de Carbono (CO2) Trazas de otros gases
Contenido Energético	6.0 – 6.5 kW h m3
Equivalente de Combustible	0.60 – 0.65 L petróleo/m3 Biogás
Límite de Explosión	6 – 12% de Biogás en el Aire
Temperatura de ignición	650 – 750oC (con el contenido de CH4 mencionado)
Presión Critica	74 – 88 atm
Temperatura Critica	-82.5º
Densidad Normal	1.2 kg m3
Olor Huevo podrido	(el olor del biogás desulfurado es imperceptible)
Masa Molar	16.043 kg mol-1

Los recursos materiales empleados evidencias la fabricación del biodigestor de laboratorio y finalmente el equipo de investigadores.

Figura 2. Salidas de gas, de agua y solidos



Figura 3. Equipo de investigadores



CONCLUSIONES

Se consiguió elaborar los planos de diseño de un biodigestor en 3D, utilizando herramientas avanzadas de modelado que permitieron visualizar y ajustar cada detalle antes de la construcción física. Este enfoque no solo facilitó la precisión en la fabricación, sino que también aseguró que el biodigestor cumpliera con todos los parámetros de funcionamiento establecidos en la fase de diseño.

El Biodigestor cumple con los parámetros de funcionamiento para los que fue diseñado, demostrando su capacidad para generar biogás de manera eficiente a partir de residuos orgánicos. Las pruebas realizadas confirmaron que el sistema es capaz de operar de manera estable bajo diversas condiciones, lo que garantiza su fiabilidad y durabilidad a largo plazo. Este logro es particularmente significativo dado el contexto de Bolivia, donde la innovación tecnológica en energías renovables es esencial para enfrentar los desafíos energéticos y ambientales.

Se seleccionaron los materiales de acuerdo a cálculos de diseño específicos, priorizando aquellos que ofrecen la mejor combinación de resistencia, durabilidad y costo. La elección de materiales como el PVC para los depósitos y el acero estructural AISI A36 para los componentes más críticos no solo asegura la integridad del biodigestor, sino que también optimiza su rendimiento y vida útil. Estos materiales, junto con la metodología de construcción utilizada, permiten que el biodigestor sea tanto económico como accesible para su implementación en diversas regiones del país.

El prototipo de biodigestor diseñado y fabricado por el equipo de investigación representa un avance significativo en la tecnología boliviana. Los resultados obtenidos no solo validan la viabilidad técnica del proyecto, sino que también subrayan su potencial para ser escalado e implementado en mayor escala, especialmente en áreas rurales donde el acceso a energía limpia y sostenible es limitado. La posibilidad de ampliar la capacidad de producción del biodigestor para satisfacer las necesidades de comunidades enteras refuerza la importancia de continuar desarrollando y mejorando esta tecnología.

Además, el éxito del proyecto TECNOBIOGAS destaca la importancia de integrar soluciones tecnológicas con un enfoque en la sostenibilidad ambiental y el desarrollo comunitario. El biodigestor no solo proporciona una fuente de energía renovable y accesible, sino que también contribuye a la reducción

de residuos orgánicos y a la producción de fertilizantes naturales, cerrando el ciclo de los nutrientes y promoviendo prácticas agrícolas más sostenibles. Este enfoque holístico es clave para asegurar que las innovaciones tecnológicas tengan un impacto positivo duradero en la sociedad.

La implementación de biodigestores a gran escala en Bolivia podría transformar la manera en que las comunidades rurales gestionan sus recursos energéticos y agrícolas. La adopción de esta tecnología no solo reduciría la dependencia de combustibles fósiles y fertilizantes químicos, sino que también mejoraría la seguridad alimentaria y la resiliencia frente a los desafíos climáticos. Es fundamental que se continúen los esfuerzos para promover la adopción de biodigestores en todo el país, apoyando tanto la capacitación técnica como la inversión en infraestructura.

Finalmente, el proyecto TECNOBIOGAS demuestra que con la combinación adecuada de investigación, diseño y práctica, es posible desarrollar soluciones tecnológicas que no solo aborden problemas locales, sino que también contribuyan a los objetivos globales de sostenibilidad. La expansión de esta tecnología en Bolivia podría posicionar al país como un líder regional en la adopción de energías renovables y en la promoción de un desarrollo rural más sostenible y equitativo.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Angelidaki, I., Alves, M., Bolzonella, D., Borzacconi, L., Campos, J.L., Guwy, A.J., ... y Schmidt, J.E. (2009). Defining the biomethane potential (BMP) of solid organic wastes and energy crops: a proposed protocol for batch assays. Water Science and Technology, 59(5), 927-934.

Chandra, R., Vijay, V.K., & Subbarao, P.M.V. (2012). Design and development of integrated renewable energy system for rural electrification using HOMER. Energy, 43(1), 249-260.

Escobar, M.A., & Lora, E.S. (2019). Biogas production from residual biomass: a review on process chemistry and prospective scenarios. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 113, 109273.

Lay, J.J. (1997). Factors affecting methane production from dairy manure: A review. Biological Wastes, 62(2-3), 153-164.

Mata - Álvarez, J., Macé, S., & Llabrés, P. (2000). Anaerobic digestion of organic solid wastes. An overview of research achievements and perspectives. Bioresource Technology, 74(1), 3-16.

Pino, F., & Marbán, L. (2011). Biodigestores: una opción para el tratamiento de residuos agroindustriales. Revista Mexicana de Ingeniería Química, 10(2), 313-327.