

Estudio de un sistema de energía renovable para la producción de biogás a partir del estiércol de ganado en la hacienda Nueva Esperanza (Cotopaxi, Ecuador)

Study of a renewable energy system for the production of biogas from cattle manure in the Nueva Esperanza farm (Cotopaxi, Ecuador)

AYALA, Silvia A.¹

JIJÓN, Pedro F.²

CHACHA, Pamela M.³

Resumen

Diseñar un biodigestor práctico, reproducible, económico y sostenible que se convierta en una herramienta versátil que beneficie a las fracciones con limitaciones económicas en el sector agropecuario. Este trabajo ayuda a potenciar la productividad y a optimizar el uso de estiércol que de otra forma sería un desecho, por ende, un costo y un inconveniente ambiental. Producir biogás es un avance biotecnológico, que contribuye al manejo de los residuos sólidos orgánicos de la locación.

Palabras clave: biodigestor, sostenible, productividad, ambiental

Abstract

Design a practical, reproducible, economical and sustainable biodigester that becomes a versatile tool that benefits fractions with economic limitations in the agricultural sector. This work helps boost productivity and optimize the use of manure that would otherwise be a waste, therefore a cost and an environmental inconvenience. Producing biogas is a biotechnological advance, which contributes to the management of organic solid waste from the location.

Key words: biodigester, sustainable, productivity, environmental

1. Introducción

Los procesos productivos en mayor o menor medida demandan de energía, los pequeños ganaderos no se escapan a esta realidad y el balance entre costo y energía sumado a su limitada producción podría comprometer los márgenes de rentabilidad de sus granjas.

La producción ganadera incluye en su factura la energía asociada a la logística y transporte de insumos, materia prima, energía eléctrica para sistemas de refrigeración y auxiliares de la producción de carne y leche, así como los combustibles destinados a los equipos de labranza del campo. Los pequeños ganaderos de Cotopaxi (Ecuador)

¹Magíster universitario en sistemas integrados de gestión de la prevención de riesgos laborales, la calidad, el medio ambiente y la responsabilidad social corporativa. Ingeniera en Mecatrónica. Docente en el Instituto Superior Tecnológico Cotopaxi. Email: saayalat@istx.edu.ec

²Magíster en Gestión de la Producción. Ingeniero Industrial. Docente en el Instituto Superior Tecnológico Cotopaxi. Email: pfjijonc@istx.edu.ec

³Ingeniera en Mecatrónica. Docente en el Instituto Superior Tecnológico Cotopaxi. Email: pmchacham@istx.edu.ec

que no tienen acceso al sistema de red eléctrica y destinan buena parte de sus ingresos a costear combustibles como mecanismos sustitutivos de generación limitan la competitividad de sus campos al incluir estos costes adicionales.

El presente proyecto tiene una connotación eminentemente práctica enfocado en resolver el suministro de energía para pequeños productores ganaderos, el punto de partida es el dimensionamiento de la demanda eléctrica, y se evalúa la capacidad de aprovisionamiento de estiércol.

Finalmente, el biodigestor es versátil en su concepto de diseño para que se adapte a las necesidades de los usuarios y a las diferentes tasas de demanda con muy pocas modificaciones en su estructura, se pensó en un equipo que fácilmente podría replicarse.

Los biodigestores, por su parte, son sistemas diseñados para optimizar la producción de biogás a partir de desechos agrícolas, estiércol o efluentes industriales (Rivas, Faith, & Guillén, 2017).

Las energías renovables representan una alternativa a esta problemática, puesto que, atender esta deficiencia energética será en última instancia un dinamizador del desarrollo de los pequeños ganaderos quienes podrán generar empleo y mejorar la situación económica de un sector y provincia con alto grado de migración y pobreza.

Apostar por una ganadería sostenible tiene efectos positivos a la economía de las comunidades, además implica generar menos emisiones de gases de efecto invernadero asociadas al uso de combustibles fósiles y evita prácticas perjudiciales como la sobrefertilización de los suelos por exceso de abono y la contaminación de las fuentes de agua dulce.

Teniendo en cuenta que las poblaciones rurales comúnmente se encuentran aisladas de los sistemas convencionales de abastecimiento energético, las energías renovables surgen como una buena alternativa para acompañar la demanda de estas familias y mejorar su calidad de vida (Nacetón & Tito, 2001).

2. Metodología

Se estructuran lineamientos que facilitan la investigación, el diseño y la ejecución del proyecto.

Figura 1
Metodología



Fuente: Elaboración propia (2022)

3. Desarrollo

3.1. Demanda energética

La producción de energía en pequeña escala, utilizando fuentes renovables, le permite al pequeño productor agropecuario desarrollarse sin tener que trasladarse a centros urbanos (Zanci, 2007). Actualmente, en las zonas rurales de los países en desarrollo, las necesidades de energía se satisfacen sobre todo con los combustibles de biomasa y con trabajo humano y animal. Este inocuo panorama limita seriamente la posibilidad de muchos pobladores de las zonas rurales de mejorar su productividad agrícola y su calidad de vida. Un estudio realizado en el estado de Santa Catarina (Brasil) reveló que la energía a partir de biomasa se muestra como la mejor alternativa inmediata (Huerga & Venturnelli, 2010). No obstante, el trabajo expresa la necesidad de formar una matriz energética para ese tipo de poblaciones, ya que la cuestión energética debería ser una parte integrante de las construcciones rurales y del sistema de producción rural (Von Hertwing, 2000).

3.2 Suministro

El biogás tiene distintas utilidades lo más interesante, en función de la cantidad por ejemplo en explotaciones de 40 cabezas es calentar agua para uso doméstico o para la propia explotación. En explotaciones con más cabezas, por ejemplo 200, comienza a ser interesante ir a la producción de energía. Por eso la unión de varios productores pequeños sería una solución (Hernandez, 2016).

Las grajas producen un elevado volumen de residuos húmedos en forma de estiércol de animales. La forma común de tratar estos residuos es esparciéndolos en los campos de cultivo, con el doble interés de disponer de ellos y obtener beneficio de su valor nutritivo. Sin embargo, cuando existen cantidades elevadas de estiércol esta práctica puede provocar una sobre fertilización de los suelos y la contaminación de las cuencas hidrográficas (Arce, 2011).

Se realiza un cálculo del estiércol diario de la Hacienda Nueva Esperanza con 10 cabezas de ganado con un promedio de generación de estiércol de 18.650 Kg¹ para ese total de cabezas de ganado.

$$E_{Tr} = (E_{PV})(\#V_r)$$

E_{Tr} = cantidad total de estiércol generado en la hacienda en un día
 E_{PV} = cantidad promedio de estiércol generada por una vaca al día
 $\#V_r$ = número de cabezas de ganado disponible en el rancho

$$E_{Tr} = (E_{PV})(\#V_r)$$

$$E_{Tr} = (18.650 \frac{Kg}{v d})(10v)$$

$$E_{Tr} = 186.500 \frac{Kg}{d}$$

3.2.1 Cálculo de la densidad del estiércol

Se coloca 9 kg de estiércol fresco en un recipiente cilíndrico con agua, de modo que al sumergir el estiércol se obtendrá una altura h. La altura obtenida es de 0.24 m que alcanza los 9 kg de estiércol fresco al desplazar el agua, en un balde cilíndrico de diámetro de 0.22m.

$$V = \pi r^2 h$$

r = radio del cilindro

h = altura que alcanza el estiércol en el cilindro

$$V = (\pi)(0.110\text{m})^2(0.240\text{m})$$

$$V = 9.123 \times 10^{-3} \text{m}^3$$

$$\delta = \frac{M}{V}$$

δ = densidad

M = masa

V = volumen

$$\delta = \frac{9\text{kg}}{9.123 \times 10^{-3} \text{m}^3}$$

$$\delta = 986.49 \text{ kg/m}^3$$

La densidad del estiércol corresponde a $986.49 \text{ Kg/m}^3 \cong$ densidad del agua 1000 Kg/m^3 .

3.2.2 Volumen disponible de estiércol

$$V_{EF} = \frac{E_{TC}}{\delta}$$

V_{EF} = volumen disponible de estiércol fresco

E_{TC} = cantidad total de estiércol generado en la hacienda en un día

$$V_{EF} = \frac{186.5 \text{ kg/d}}{1000 \text{ kg/m}^3}$$

$$V_{EF} = 0.1865 \text{ m}^3/\text{d}$$

3.2.3 Volumen de biogás

Tabla 1

Relaciones de biogás de estiércol de ganado vacuno

N°	Peso (Kg)	Descripción	Relación	Descripción
1	1	Estiércol fresco (EF)	0.20 Kg	Sólidos totales (ST)
2	1	Sólidos totales (ST)	0.8 Kg	Sólidos volátiles (SV)
3	1	Sólidos totales (ST)	0.3 m3	Biogás @ (35°C y Pr. Atm.)
4	1	Sólidos totales (ST)	0.25 m3	Biogás @ (30°C y Pr. Atm.)
5	1	Sólidos totales (ST)	0.20 m3	Biogás @ (25°C y Pr. Atm.)
6	1	Sólidos totales (ST)	0.16 m3	Biogás @ (22°C y Pr. Atm.)
7	1	Sólidos totales (ST)	0.10 m3	Biogás @ (18°C y Pr. Atm.)

Fuente: Información tomada de Toala (2015)

$$186.500 \frac{\text{kg EF}}{\text{d}} * \frac{0.20\text{kg ST}}{1\text{kg EF}} * \frac{0.10\text{m}^3 \text{Biogás}}{1\text{kg ST}} = 3.730 \frac{\text{m}^3 \text{Biogás}}{\text{d}}$$

3.2.4 Volumen del sustrato

La relación estiércol agua se hace en relación 1:1

Tabla 2
Relación estiércol - agua

N°	Origen	Relación
1	Bovino fresco	1:1
2	Bovino seco	1:2
3	Porcino	1:2
4	Aves	1:1
5	Equino	1:2
6	Desechos humanos	1:1
7	Desechos vegetales	1:0.5-2

Fuente: Información tomada de Toala (2015)

$$V_S = V_{EF} + \text{agua}$$

$$V_S = 0.1865 \frac{m^3}{d} + 0.1865 \frac{m^3}{d}$$

$$V_S = 0.373 \frac{m^3}{d}$$

$$V_S = 373 \frac{l}{d}$$

3.2.5 Volumen de carga

$$V_{Cdiario} = \text{volumen de carga diario}$$

$$V_{Cdiario} = 373 \frac{l}{d}$$

Adicionalmente se incluye el volumen de carga para lo cual se debe tomar en cuenta las siguientes consideraciones:

$$V_{TD} = (V_{Cdiario}) (F_S + V_G)$$

$$\text{Factor de seguridad } F_S = 5\%$$

$$\text{Volumen de la parte gaseosa } V_G = 25\%$$

$$V_{TD} = \text{volumen total del biodigestor}$$

$$V_{TD} = 373l + (30\%(373))$$

$$V_{TD} = 484.90 l = 0.4849m^3$$

$$V_{TD} = 0.4849m^3$$

$$V_{TD} = 484.9 l$$

3.3. Dimensionamiento

Una vez determinada la producción se analiza un contenedor del sector comercial que cumpla con las especificaciones de volumen y calidad.

Figura 1
Tanque apilable cónico



Fuente:

Información tomada de Plastigama (2020)

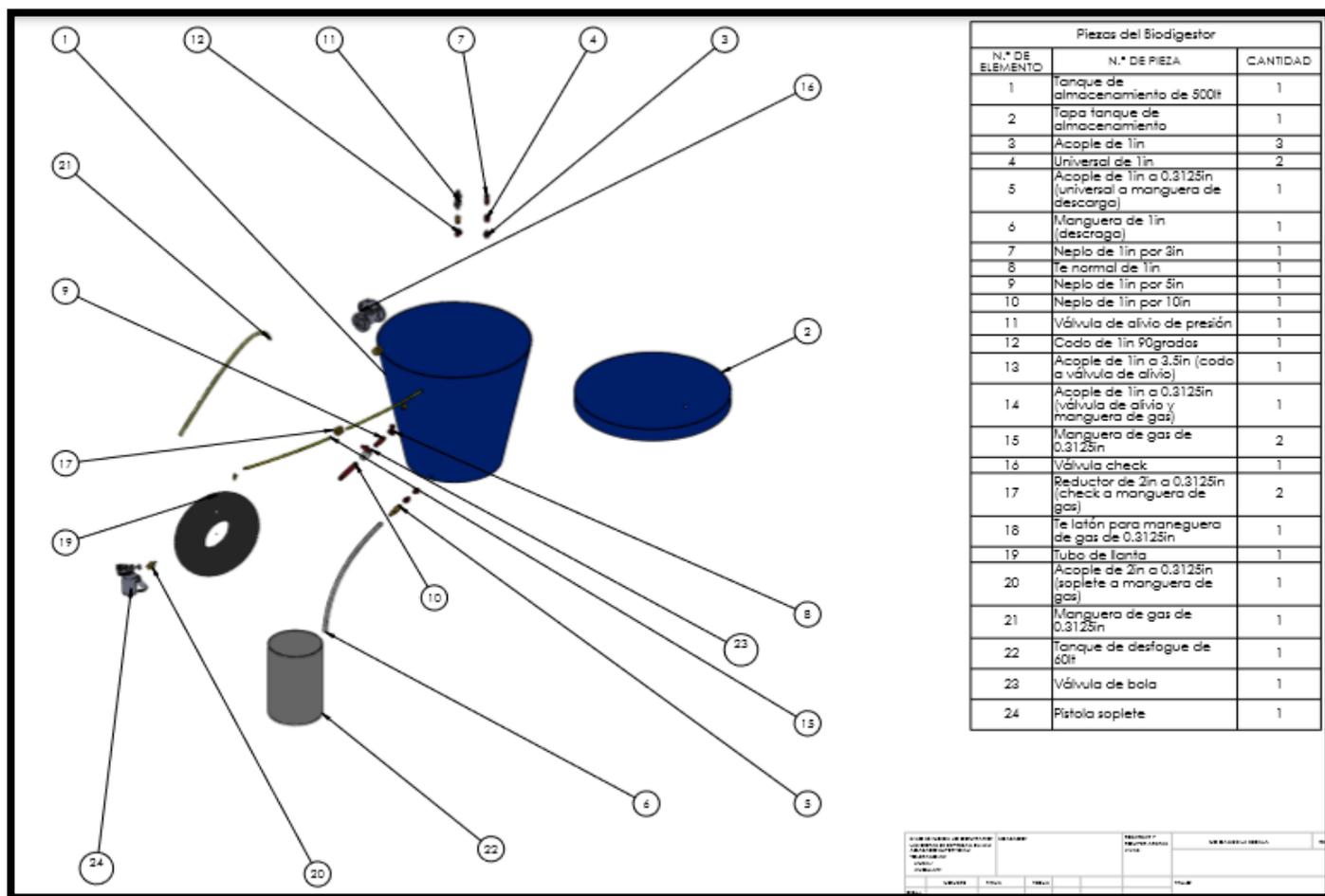
3.3.1 Selección de accesorios

El dimensionamiento define el número y el tamaño de los accesorios en este caso particular.

- a) 2 uniones de tanque 1/2 pulg.
- b) 2 tapas de para tuvo de PVC de 4 pulg.
- c) 40 cm de tubo de PVC de 4 pulg.
- d) Virutas de hierro.
- e) Unión de 1/2 pulg. de tubo a manguera.
- f) Manguera de gas.
- g) 2 abrazaderas.

3.3.2 Construcción y puesta en marcha

Figura 2
Construcción del biodigestor



Fuente: Elaboración propia (2020)

4. Resultados

4.1. Energía producida

Primero se calcula la energía que produce 186.5kg (18.65kg x 10vacas x 1día) de estiércol fresco, cantidad que corresponde al estiércol utilizable para el dimensionamiento del biodigestor. Se usa 1 m³ de biogás que es 6.5 Kw h energía.

€ P = energía producida

$$\begin{aligned} \text{€ P} &= 186.5 \frac{\text{kg EF}}{d} * \frac{0.20\text{kg ST}}{1\text{kg EF}} * \frac{0.10\text{m}^3 \text{Biogás}}{1\text{kg ST}} * \frac{6.5 \text{Kw. h}}{1\text{m}^3 \text{Biogás}} \\ \text{€ P} &= 24.245 \text{ Kw. h} \end{aligned}$$

Se calcula la energía total, para esto se usa 1 m³ de biogás es 6.5 Kw h energía.

$$(V_{Nominal})(E_{Tr}/V_{TD})$$

$$(0.500 \text{ m}^3) \left(\frac{186.5 \frac{\text{kg EF}}{\text{d}}}{0.4849 \text{ m}^3} \right) = 192.310 \frac{\text{kg EF}}{\text{d}}$$

$$\epsilon T = 192.310 \frac{\text{kg EF}}{\text{d}} * \frac{0.20 \text{ kg ST}}{1 \text{ kg EF}} * \frac{0.100 \text{ m}^3 \text{ Biogás}}{1 \text{ kg ST}} * \frac{6.500 \text{ Kw. h}}{1 \text{ m}^3 \text{ Biogás}}$$

$$\epsilon T = 25 \text{ Kw. h}$$

4.2. Determinación de la eficiencia

$$n = \frac{\epsilon P}{\epsilon T} \times 100\%$$

n = eficiencia del biodigestor

ε P = energía producida

ε T = energía total

$$n = \frac{24.245 \text{ Kw. h}}{25 \text{ Kw. h}} * 100\%$$

$$n = 96.98 \%$$

5. Conclusiones

El dimensionamiento del biodigestor y los valores que se ajustan al aprovisionamiento de estiércol tomando como modelo una granja con 10 cabezas de ganado para la generación de biogás se resume en la siguiente tabla:

Tabla 3
Valores utilizados para el dimensionamiento del biodigestor

Vef (m ³ /d)	Vs (m ³ /d)	Vc (l/d)	Vtd (m ³)	Energía producida (Kw h)	Energía total (Kw h)
0.1865	0.373	373	0.4849	24.245	25

Fuente: Elaboración propia (2020)

Los materiales de construcción se encuentran en el mercado, el diseño es versátil y adaptable para pequeños productores ganaderos, se requiere una capacitación básica para su operación y mantenimiento, la inversión es de 800 USD. Esta iniciativa es una opción viable y asequible que puede mejorar la productividad y la calidad de vida de los trabajadores del sector agropecuario.

Anualmente se producirá 1361 m³ de biogás, si la concentración de CO₂ es del 40% significa que este sistema retirará del ambiente un equivalente a 544 m³ CO₂ /año, es una contribución mínima, sin embargo, este proyecto

tiene el potencial de ser replicable en los pequeños productores lo que sumaría otras contribuciones y, el conjunto de todas ellas se convertiría en una reducción significativa de las emisiones de gases de efecto invernadero.

Referencias bibliográficas

- Arce, J. (2011). Diseño de un biodigestor para generar biogás y abono a partir de desechos orgánicos de animales aplicable en las zonas agrarias del litoral. (Tesis de grado). Universidad Politécnica Salesiana. Guayaquil.
- Hernandez , G. (2016). Biodigestor para el uso de desechos orgánicos del sector ganadero. (Tesis de grado). Instituto Tecnológico Superior de Santiago Papasquiari. Santiago papasquiari.
- Huerga, I., & Venturnelli, L. (2010). Energías renovables. Su Implementación en la agricultura de la república Argentina. Buenos Aires: INTA.
- Nacetón, C., & Tito, G. (2001). Medio ambiente y pequeños productores: Conceptos básicos. Buenos Aires: PROINDER.
- Rivas, O., Faith, M., & Guillén, R. (2017). Biodigestores: Factores químicos, físicos y biológicos relacionados con su productividad. San José, Costa Rica: ITCR.
- Toala, E. (2013). Diseño de un biodigestor de polietileno para la obtención de biogás a partir del estiércol de ganado en el rancho Verónica. (Tesis de grado). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Ecuador.
- Von Hertwing, B. (2000). Energía solar fotovoltaica para la agricultura y desarrollo rural sostenible. Roma: FAO.
- Zanci, R. (2007). Las energías renovables en Cuba. Malmo: Seminario liberación.



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