

Propuesta de diseño de una planta de biogás para la generación de potencia eléctrica en zonas pecuarias de Venezuela a través del programa Biodigestor[©].

María G. Mago*, José L. Sosa, Blanca Flores, Luis Tovar

Departamento de Potencia, Escuela de Eléctrica, Facultad de Ingeniería, Universidad de Carabobo, Valencia, Venezuela.

Resumen.-

En la presente investigación se plantea el diseño de una planta de biogás para la generación de potencia eléctrica en zonas pecuarias de Venezuela a través del programa BioDigestor[©], lo cual representa en la actualidad una valiosa alternativa para el tratamiento de los desechos orgánicos agropecuarios, ya que además de disminuir la carga de contaminantes formadas por éstos, tiene la virtud de generar un gas con importante poder calorífico (biogás), susceptible al aprovechamiento energético en sistemas electrógenos para la generación de energía eléctrica y térmica fácilmente utilizable. La metodología empleada se basó, en un análisis detallado de los desechos agropecuarios considerados como material de carga para la producción de biogás; estudiando las características que definen la biomasa y la cantidad de biogás producido a partir de tales desechos. Uno de los aportes más importantes de esta investigación es que realiza una orientando hacia la determinación de los parámetros y/o criterios a considerar para la selección de las diferentes estructuras que conforman la planta de generación de biogás mediante el uso del software profesional BioDigestor[©]. Esto puede utilizarse como referencia para el diseño de este tipo de instalaciones en otras regiones de Latinoamérica.

Palabras clave: Diseño de Planta, Biomasa, Biogás, Sistema Electrógeno, Potencia Eléctrica.

Proposed design of a biogas plant for the generation of electric power in Venezuela in animal areas through the program Biodigestor[©].

Abstract.-

The present research is aimed at designing a biogas plant for electric power generation in livestock areas of Venezuela through Biodigestor [©] program, which now represents a valuable alternative for the treatment of agricultural organic wastes, and also reduce the burden of pollutants formed by them, has the virtue of generating a significant calorific gas (biogas), susceptible to energy recovery generator systems for generating electricity and heat easily usable. The methodology used was based on a detailed analysis of agricultural wastes considered as a source for the production of biogas; studying the defining characteristics of biomass and the amount of biogas produced from such waste. One of the most important contributions of this research is shifting to make a determination of the parameters and / or criteria to consider in the selection of the different structures that make up the biogas generation plant using the professional software Biodigestor [©]. This can be used as a reference for the design of such facilities in other regions of Latin America.

Keywords: Plant Design, Biomass, Biogas Generator System, Electric Power.

Recibido: Octubre 2013

Aceptado: Agosto 2014

*Autor para correspondencia

Correo-e: mmago@uc.edu.ve (María G. Mago)

1. Introducción.

En la actualidad, el avance en el diseño e implementación de energías alternativas se ha convertido en una prioridad para los países en vías de desarrollo, ya que permite el aprovechamiento de los recursos naturales, disminuye los costos en el manejo de combustibles derivados del petróleo, además de proteger nuestro planeta tierra [1]. Venezuela, no escapa de esta nueva tendencia por lo cual, la presente investigación establece una opción para la generación de energía eléctrica diferente a los modelos convencionales, que pudiera permitir el desarrollo sustentable en poblaciones donde existan unidades de producción animal [2], además el uso de la biomasa presenta numerosas ventajas para reducir la contaminación ambiental aprovechando la aplicación de biodigestores para transformar estos desechos orgánicos y convertirlos en subproductos (recursos) como el bioabono y el biogás [3, 4].

2. Fundamentos teóricos.

Residuos Ganaderos. Incluye todo residuo biodegradable procedente de la actividad ganadera, y se puede clasificar en estiércol compuesto por la mezcla de las deyecciones y el material de la cama del ganado; purines, y el agua de limpieza y arrastre; aguas sucias procedentes del lavado, desperdicios de abrevaderos, deyecciones diluidas; y animales muertos [5].

Biogás. Es una mezcla de gases, cuyos principales componentes son el metano y el dióxido de carbono, el cual se produce como resultado de la fermentación de la materia orgánica en ausencia de aire, por la acción de un grupo de microorganismos; dependiendo de las características de la biomasa original, este gas puede tener una composición entre 50 y 70 % de metano (CH₄), por lo que posee un buen potencial energético, alcanzando alrededor de 5000 Kcal/m³ [6].

Biodigestor. Es un sistema natural que aprovecha la digestión anaeróbica (ausencia de oxígeno) de las bacterias que ya habitan en el estiércol, para transformar éste en biogás y fertilizante [6].

2.1. Proceso de funcionamiento de una planta de biogás.

Las sustancias orgánicas como por ejemplo, los estiércoles o desechos agrícolas, son llevados a lo que se conoce como digestor. Una vez allí, los residuos son introducidos a través de bombeo o mediante un cargador automatizado [7]. Los residuos permanecen entre 50 y 75 días sometidos a condiciones constantes de ausencia de oxígeno y una temperatura entre 35 y 40°C. En este escenario las bacterias descomponen las sustancias provocando que la mayor parte de la materia orgánica se digiera, el gas generado en este proceso se purifica y se desulfura para convertirse así en el valioso biogás, el cual es valorizado en motores de cogeneración que transforman la energía del metano en electricidad y calor. La electricidad producida puede suministrarse a la red pública, mientras que la calefacción para cualquier otro fin. Cuando los residuos salen de los digestores se han transformado en fertilizantes de alta calidad.

2.2. Producción de energía eléctrica.

El biogás se aprovecha como combustible en motores de combustión interna acoplados a una máquina sincrónica funcionando como generador. La producción de energía eléctrica es de aproximadamente 6,8kWh/m³ de biogás [8].

2.3. Metodología que debe llevarse a cabo para producir biogás.

2.3.1. Fase 1.

Se deben realizar una serie de pruebas de laboratorio a la biomasa que se vaya a utilizar a fin de evaluar su potencial para producir biogás, (el tiempo en el cual se producirá la degradación de la misma), lo cual ayudará a establecer el grado de contaminación ambiental de los desechos. Estas pruebas se indican a continuación:

- Materia seca y contenido de Sólidos Totales (ST).
- Contenido de Masa Volátil (MV).
- Demanda Química de oxígeno (DQO).

Tabla 1: Producción de estiércol y biogás para diferentes tipos de animales en base al peso.

	PATOS	CERDOS	CABALLOS	OVEJAS	TOROS	VACAS	TERNERAS	UNID
PESO VIVO POR ANIMAL	0,03	70	400	60	550	520	40	kg
TOTAL	0,33	5,88	20,4	2,4	29	43	2,48	kg/d
MS	0,09	0,77	6	0,66	4,25	6	0,21	kg/d
MV	0,06	0,6	4	0,55	3,6	5	0,09	kg/d
TOTAL ESTIÉRCOL kg/d	0,11	0,084	0,051	0,04	0,058	0,086	0,062	kg/kg peso vivo del animal por día
PRODUCCIÓN DE BIOGÁS	0,027	0,334	1,62	0,198	1,46	1,1	0,023	m ³ /d
PRODUCCIÓN DE ENERGÍA	0,007	0,09	0,44	0,054	0,42	0,34	0,006	Kw
BIOGÁS / kg ESTIÉRCOL	81,04	56,77	79,44	82,28	53,91	28,91	9,29	l/kg.d
BIOGÁS / kg ANIMAL	8,91	4,77	4,05	3,29	33,13	2,49	0,58	l/kg.d

Fuente: <http://www.entec-biogas.com>(2009).

- Demanda Bioquímica de oxígeno (DBO5).
- Relación Carbono Nitrógeno (C: N).
- Biodegradabilidad de Desechos Orgánicos.

2.3.2. Fase 2.

Analizar los diferentes tipos de desechos agropecuarios considerados como material de carga o sustrato; a fin de evaluar la cantidad de biogás que producen.

En la Tabla 1, se indican desechos orgánicos de diferentes animales cuya materia orgánica servirá en la preparación de la biomasa, es necesario conocer el peso vivo del animal, a fin de estimar la cantidad total de estiércol versus la producción de biogás.

2.4. Diseño de biodigestores.

Los biodigestores se diseñan de acuerdo a las siguientes características [8]:

- Según el almacenamiento del gas.
- Por su forma geométrica.
- Tipo de materiales de construcción.
- Según su posición respecto a la superficie.

2.5. Dimensiones de las estructuras que conforman la planta de generación de potencia eléctrica a través del aprovechamiento de la biomasa disponible.

A continuación se indican las mismas [6, 9]:

- Tanque de Alimentación.

- Sistemas de Alimentación.

- Digestor.

- Tanque de Descarga.

- Lecho de Secado.

- Tuberías de captación y conducción de biogás.

- Sistemas de purificación de biogás.

- Tanques de almacenamiento de Biogás.

- Sistema de generación de energía eléctrica y calorífica.

- Antorchas.

2.6. Aplicaciones del Programa Biodigestor[®].

Se procederá a introducir y/o ajustar los parámetros seleccionados a la planta que servirá de prototipo. En las Figuras 1, 2, 3 y 4, se muestran los mismos:

Figura 1: Datos del proyecto y fuentes de biomasa.

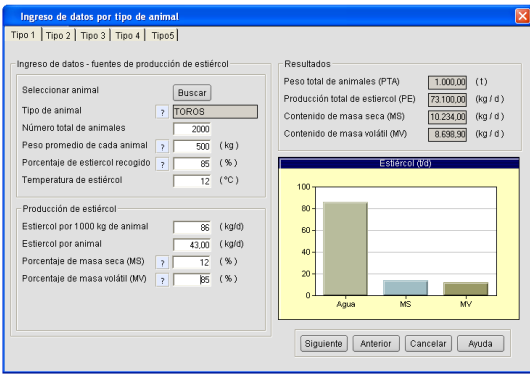


Figura 2: Ingreso de datos por tipo de animal.

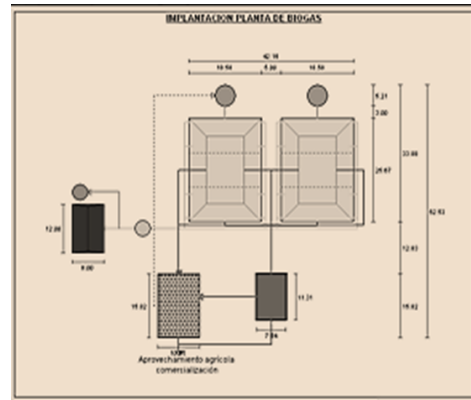


Figura 5: Propuesta de implantación de biodigestores y estructuras auxiliares.

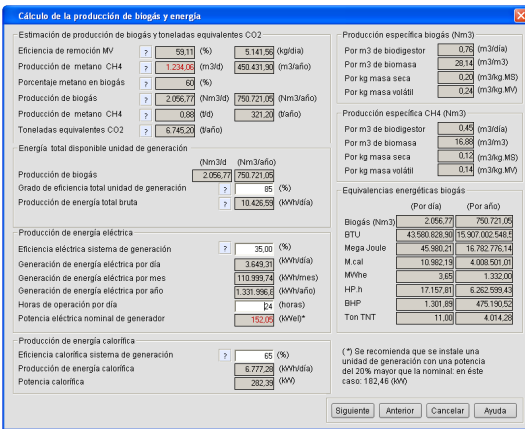


Figura 3: Calculo de la producción de biogás y energía.

Tabla 2: Dimensiones del Tanque de Alimentación.

Forma:	Circular
Volumen:	25,59 m ³
Largo:	5,21 m
Ancho:	5,21 m
Profundidad:	1,20 m

Tabla 3: Dimensiones del Biodigestores.

Unidades requeridas:	2
Tipo:	Bajo tierra
Material:	Geomembrana
V. Ttotal requerido:	2.714,06 m ³
Volumen c/unid	1.357,03 m ³
Largo:	25,67 m
Ancho:	18,58 m
Profundidad:	4,50 m

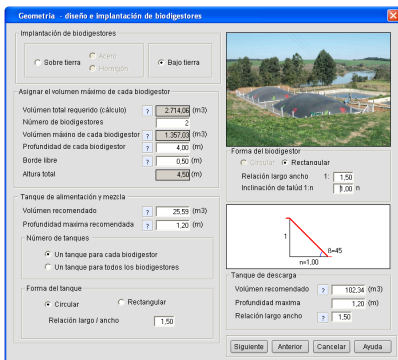


Figura 4: Geometría, diseño e implementación del biodigestor.

Tabla 4: Datos Hidráulicos Biodigestor.

Tiempo de retención hidráulica:	26 días
Carga orgánica volumétrica:	2,91 kg./m ³ .d

3. Resultados Obtenidos.

En la Figura 5 se observan todas las dimensiones de los elementos que conforman el sistema propuesto y en las Tablas 2, 3, 4, 5 y 6, las características técnicas de las secciones que requeriría dicha planta.

3.1. Producción de biogás, energía eléctrica y equivalencias energéticas.

En las Tablas 7 y 8 se indica la producción de biogás versus energía eléctrica con sus respectivas equivalencias de dióxido de carbono. En las Tablas 9 y 10, los resultados obtenidos referentes a

Tabla 5: Lecho de secado.

Área:	166,93 m ²
Largo:	15,82 m
Ancho:	10,55 m

Tabla 6: Tanque de descarga.

Volumen:	102,34 m ³
Largo:	11,31 m
Ancho:	7,54 m
Profundidad:	1,20 m
Fuente: BioDigester [©]	

la producción de biogás y metano respectivamente. En la Tabla 11 se muestran las equivalencias energéticas de biogás en distintas unidades y en la Tabla 12 la producción de fertilizante orgánico. Los cálculos indicados anteriormente fueron arrojados por el software BioDigester[©] una vez ingresados los datos del modelo propuesto.

Tabla 7: Producción de biogás y energía eléctrica.

Producción	Diario	Anual
Biogás	2.056,77 m ³	
Metano	1.234,06 m ³	450.431,90 m ³

Tabla 8: Equivalencias CO₂.

Toneladas equivalentes CO ₂	6.745,20 t/año
Potencia a instalar:	152,05 Kw
Potencia calórica:	282,39
Producción de electricidad:	1.331.996,87 Kw*h/año

4. Conclusiones.

Esta investigación aporta resultados se suma relevancia en zonas de Venezuela donde es nulo el potencial energético eólico y solar, ya que plantea una alternativa energética, que convierte en

Tabla 9: Producción específica biogás (Nm³).

Por m ³ de biodigestor	0,76 m ³ /día
Por m ³ de biomasa	28,14 m ³ /m ³
Por kg. masa seca	0,20 m ³ /kg.MS
Por kg. masa volátil	0,24 m ³ /kg.MV

biogás, los elementos de desechos agropecuarios denominados excretas de ganado.

Con la carga de residuos ganaderos utilizada como referencia en esta investigación, se pudiera suministrar electricidad a todo el Estado Guárico (Estado ubicado en el medio de Venezuela), dado que la producción de electricidad es de 1.331.996,87 Kw*h/año para el modelo propuesto acorde a la cantidad de reses de ganado vacuno que se tienen en producción en dicha entidad.

La generación de potencia eléctrica, a través del uso de esta biomasa además de representar una opción energética, también se muestra como un sistema alternativo para el saneamiento ambiental, ya que el tratamiento de los mencionados desechos, que inicialmente podrían figurar como agentes contaminantes de aguas y ríos se convertirían en material de provecho para su utilización, es decir, no producirían agentes contaminantes interventores en el medio ambiente.

Se estableció el diseño de la planta de generación de potencia eléctrica como un prototipo, considerando las estructuras fundamentales que permitirán la producción, tratamiento y almacenamiento del biogás, los elementos almacenadores del fertilizante o bioabono y por último, se propone el sistema motor-generator, para producir energía eléctrica de acuerdo con las equivalencias de dióxido de carbono.

Tabla 10: Producción específica CH₄ (Nm³).

Por m ³ de biodigestor	0,45 m ³ /día
Por m ³ de biomasa	16,88 m ³ /m ³
Por kg. masa seca	0,12 m ³ /kg.MS
Por kg. masa volátil	0,14 m ³ /kg.MV

Tabla 11: Equivalencias energéticas biogás.

Biogás	diario	anual
Nm ³	2.056,77	750.721,05
BTU	43.580.828,90	15.907.002.548,50
MEGA JOULE	45.980,21	16.782.776,14
M.CAL	10.982,19	4.008.501,01
MW	3,65	1.332,00
Hp.H	17.157,81	6.262.599,43
BHP	1.301,89	475.190,52
TON. TNT	11,00	4.014,28

Tabla 12: Producción de fertilizante orgánico.

Producción	Kg/día	T/año
Lodo seco	6.677,02	2.437,11
BIOL	90.521,06	33.040,19
Vol. total de fert. orgánico	97.198,08	35.477,30

Fuente: BioDigestor[©]

- [7] W. Patiño, W. *Estudio de viabilidad para el aprovechamiento del biogás producido en el sitio de disposición final de Navarro, bajo los mecanismos establecidos en el Protocolo de Kioto 2008*. Trabajo Especial de Grado. Universidad Santiago de Cali, Santiago de Cali, Colombia, 2008.
- [8] B. Wereko, Y. Charles, E. Hagan y B. Chichester. *Biomass Conversion and Technology*. Segunda edición, Editorial John Wiley & Sons, 1996.
- [9] Fundación Hábitat. *Biodigestores una alternativa a la autosuficiencia energética y biofertilizantes*. Editorial Quimbaya, Quindío, Colombia, 2003.

Agradecimientos.

Al personal del laboratorio de microbiológica (LIADSA) de la Universidad Nacional Experimental Francisco de Miranda (NEFM) y del laboratorio de Físicoquímica del Instituto Universitario de Tecnología “Alonso Gamero” por su apoyo técnico en el desarrollo de esta investigación.

Referencias

- [1] F. Posso. *Energía y ambiente: pasado, presente y futuro. Parte dos: sistema energético basado en energías alternativas*. Trabajo de investigación, Universidad de Los Andes, Táchira, Venezuela, 2004.
- [2] Firco. *El aprovechamiento de biogás en la generación de energía, dentro del sector agropecuario*. Firco, México, 2009.
- [3] Biogas Región, *Boletín informativo* n° 2, Intelligent Energy, noviembre, 2009.
- [4] F. Longatt. *Introducción a los sistemas de transmisión y generación*. Trabajo de investigación, Universidad Nacional Experimental Politécnica de las Fuerzas Armadas. Maracay, Venezuela, 2007.
- [5] J. A. Hilbert. *Manual para la producción de biogás*. Trabajo Especial de Grado. Instituto de Ingeniería Rural I.N.T.A. Castelar, Buenos Aires, Argentina, 2006.
- [6] G. Moncayo, R. *Dimensionamiento, diseño y construcción de biodigestores y plantas de biogás*. Primera edición, Editorial Aqualimpia Beratende Ingenieure, 2008.