

INVERNADERO CALEFACCIONADO CON GAS METANO PROVENIENTE DE LA BIOMASA

ASCAR José Miguel* , FASULO Amilcar" , CURVALE Rolando*

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN LUIS

* Trabajo de Investigación 22-9201, Fac. de Quím., Bioquím. y Farmacia

Proyecto Biogas: LAE 016-93

" Fac. de Ciencias Físico Matemáticas y Naturales

Chacabuco y Pedernera - 5700 San Luis - Tel. - Fax 0652 - 22644 / 30224

RESUMEN

Nuestra propuesta de calefaccionar un invernadero con la utilización de energía barata, no contaminante y sobre todo, inagotable, surge como una necesidad; principalmente para los meses de más frío. En julio, la temperatura media ambiental es aproximadamente 9 C y la radiación solar media es de unos 10 Mjoule/m².

Este trabajo está inserto dentro del Proyecto Biogas que se realiza en la Escuela Agraria "General San Martín" de la ciudad de San Luis. Consta de dos biodigestores tipo "hindú", verticales, continuos, con una capacidad aproximada para producir 3 m³ día, de gas metano.

Ambos biodigestores poseen las mismas medidas y fueron construidos con igual técnica y materiales (hormigón armado), pero uno de ellos, está protegido con una cubierta de poliestireno expandido cuyo propósito es conservar el calor del tanque del biodigestor y será calefaccionado.

El motivo de la construcción de dos biodigestores similares es a efectos de comparar los resultados de las diferentes variables y su influencia en el rendimiento.

INTRODUCCIÓN

El Proyecto Biogas se está desarrollando en la Escuela Agraria *General San Martín* ubicada a 10 km de la ciudad de San Luis, gracias a un compromiso firmado entre las autoridades de la Escuela y los responsables del Proyecto. El Establecimiento destinó un predio para el funcionamiento de los digestores y simultáneamente se están capacitando alumnos para su manejo. Próximo a ese predio se ha construido el invernadero y reservado una

fracción de terreno para la puesta en marcha de una chacra modelo.

Se cuenta con material para alimentar los digestores en cantidad suficiente y calidad excelente que proviene de los animales criados en la Escuela (Tabla 1), residuos de su fábrica de conserva de vegetales, de la de chacinados y embutidos y las sobras de alimentos de su comedor comunitario. Finalmente diremos que se usará todo tipo de materia orgánica, como la proveniente de la poda de árboles, limpieza de hierbas, restos del faenamiento de animales y otras.

ANIMALES	estiércol [kg/día]	cantidad	TOTAL [kg/día]
AVES.....	0,12.....	300.....	36,00
EQUINOS.....	12.....	2.....	24,00
BOVINOS.....	15.....	45.....	675,00
PORCINOS.....	2.....	10.....	20,00
CAPRINOS.....	0,8.....	30.....	24,00
CONEJOS.....	0,2.....	50.....	10,00

TABLA 1: Cantidad de animales y de estiércol disponible en la Escuela Agraria.

La calidad y cantidad de la materia orgánica empleada en la alimentación del biodigestor, es determinante para su aprovechamiento. Además debe considerarse: la temperatura de fermentación (óptima 32 ° C), tipo y tamaño del tanque, características del suelo, lugar de construcción y necesidades energéticas. Es importante recalcar que la infraestructura es económica, de fácil realización y se utilizan materiales simples como arena, ladrillos, etc. La tapa del tanque, llamada campana del gasómetro, cumple la función de acumular los gases desprendidos por los procesos microbianos y fue construida con resinas poliester reforzadas con fibras de vidrio.

Se eligió este material, fundamentalmente por sus propiedades físico-químicas. Esto es: resistencia mecánica aceptable, conductividad 600 veces inferior a la del aluminio, estabilidad dimensional y buena durabilidad, acepta mantenimiento y reparación, y, además, resiste la corrosión, los mohos y microorganismos. Realizando un balance entre los metales tradicionales y los nuevos plásticos reforzados, el requerimiento, las prestaciones y los costos, se optó por realizar el gasómetro en resina poliester cargada con talco al 30 % y reforzada con mats 300 de fibra de vidrio. El laminado "a mano" se efectuó sobre un esqueleto de varillas de hierro del 6, que quedaron incorporadas como nervaduras.

La manutención, alimentación, etc. para la producción de biogas y biofertilizantes, no necesita de mano de obra especializada, ni de materiales difíciles de conseguir. Es nuestro objetivo con este trabajo, difundir y aplicar su uso para que cumpla una función social, especialmente en aquellos lugares que no cuentan con la energía convencional.

También es nuestro deseo que el uso correcto del biodigestor permita un más rápido desenvolvimiento y desarrollo de la zona, nuevos emprendimientos y mejor calidad de vida.

OBJETIVOS

- Contribuir al mejoramiento de la calidad de vida de comunidades aisladas mediante el aporte de energía proveniente del biogas.
- Generar autoabastecimiento de energía (gas metano) para calefaccionar invernaderos.
- Generar nuevos emprendimientos, tales como secaderos de frutas, hortalizas y cereales, procesamiento de alimentos criadero de animales, incubadoras, desarrollo artesanal y otros.
- Favorecer la eliminación de residuos de la actividad humana, animal y vegetal.
- Aportar a la defensa de medio ambiente evitando la desertificación, desforestación, efecto invernadero y agrotóxicos

BIOGAS - INVERNADEROS

El clima de la región central y norte de la provincia de San Luis es apropiado para iniciar en los meses abril-mayo el cultivo de especies propias de primavera - verano y así llegar a los mercados con productos "primicia". Para ello se debe emplear invernaderos calefaccionados apropiadamente, capaces de evitar la destrucción de los cultivos por congelamiento. El requerimiento de calefacción no es muy importante. Como se puede ver en la Tabla 2 la frecuencia mensual de registros diarios de temperaturas inferiores a 3 ° C es bajo.

En los últimos años se han obtenido cultivos de tomates y pimientos en la ciudad de San Luis (1) (2). Para ello se intentó la independencia de las fuentes de energías convencionales mediante la acumulación de agua caliente que se hace circular por el invernadero durante la noche. El agua es calentada durante el día mediante un colector solar.

La mayor dificultad encontrada, no superada, está en el desarrollo de un reservorio de características económicas y capaz de conservar la temperatura del agua durante varios días. Esto es, por los nublados que se presentan normalmente en las primeras semanas del invierno.

Por lo antes mencionado, el Biogas surge como la energía no - convencional adecuada para la calefacción de invernaderos, al posibilitar la sustitución de los ineficientes reservorios de agua caliente por gasómetros.

Meses.....	abril.....	mayo.....	junio.....	julio.....	agosto.....	sept.....	anual
T.....[° C].....	16,2.....	12,2.....	9,3.....	8,3.....	10,7.....	13,8.....	17,2
TMIA...[° C].....	0,5.....	-1,5.....	-7,1.....	-6,3.....	-3,1.....	0.....	-7,1
TMI.....[° C].....	10,4.....	6,9.....	3,8.....	4,6.....	7,7.....	10,7	
F....[T<3 ° C].....	0,3.....	1.....	6,8.....	17,7.....	5,8.....	1,9	
F....[T<5 ° C].....	1,3.....	1,9.....	16,2.....	22,8.....	13,3.....	3,8	
F....[T<8 ° C].....	6,2.....	12,3.....	40,3.....	43,8.....	31,4.....	7,7	
H.....[MJ/m].....	13,176.....	10,779.....	8,259.....	8,814.....	11,48.....	15,981	

TABLA 1: Características climáticas de la Ciudad de San Luis. Datos estadísticos para la década 1971-1980, elaborados en el Laboratorio de Energía Solar de la U.N.S.L. sobre la base de datos provistos por el Servicio Meteorológico Nacional y propios sobre radiación solar.

T: Temperatura media diaria ; TMIA: Temperatura mínima absoluta ; TMI: Temperatura mínima media ; F [T<3 ° C]: Frecuencia de registros de temperaturas inferiores a 3 ° C ; F (T<5 C) : Idem inferiores a 5 C ; F [T<8 ° C] : Idem menores a 8 ° C ; H: Radiación solar global diaria sobre plano horizontal en valores medios mensuales (4)

PERDIDAS TÉRMICAS DEL BIODIGESTOR

Para determinar las pérdidas térmicas del biodigestor vamos a hacer las siguientes hipótesis simplificatorias:

- 1) El biodigestor intercambia calor con su envolvente en estado estacionario.
- 2) La temperatura del digestor se mantiene en su valor óptimo: 32 ° C.
- 3) La temperatura del terreno (un metro por debajo de la superficie) se mantiene a la temperatura media ambiente anual: 17,2 ° C.
- 4) La temperatura del terreno y del lastre ubicado sobre la campana, se mantiene en los meses más fríos del año , también a la temperatura media ambiente anual (17,2 ° C), por efecto del invernadero desplegado, cubriendo la cúpula y terreno próximo inmediato a ésta.

Las pérdidas térmicas las calculamos tomando en cuenta un factor de inercia térmica del terreno; $\alpha = 0,53$. En consecuencia aplicando la conocida expresión:

para el cálculo de las pérdidas térmicas por conducción, Q :

$$Q = [\alpha K S (32 - T)] / e$$

donde K es la conductancia de la pared, en este caso particular, hormigón armado (1:4), [$K = 1,5 \text{ w/m}^\circ \text{C}$], S la superficie total del digestor, T la temperatura del terreno y e el espesor de la pared. $S = S_{\text{pared}} + S_{\text{fondo}} + S_{\text{tapa}}$. Por lo tanto:

$$Q = Q_{\text{pared}} + Q_{\text{fondo}} + Q_{\text{tapa}}$$

mientras el Q de paredes y fondo responden a los mismos valores de K , la Q de la cúpula posee una cámara de gas metano que aísla la materia del digestor de la superficie de la cúpula y podemos considerar las pérdidas globales, $9 \text{ w/m}^2^\circ \text{C}$.

Realizando los cálculos correspondientes, la pérdida total de calor es:

$$Q = 2683,8 + 469,7 + 281,7 = 3435,2 \text{ MJ mes}$$

CONSERVACION DE LA ENERGÍA

Se aplicó entre el terreno y la pared de hormigón armado, una cubierta de 3 cm de poliestireno expandido de baja densidad, $K_p = 0,03 \text{ w/m}^2^\circ \text{C}$ que permite reducir las pérdidas:

$$Q = 1293,7 \text{ MJ mes}$$

Con lo cual, el digestor con conservación requiere un aporte de energía mensual de 2045 MJ. Si tenemos en cuenta que el H diario en junio es de $8,258 \text{ MJ/m}^2$ y que el colector tipo Livermore posee un rendimiento del 50%; este aporte de energía se podrá efectuar con $16,5 \text{ m}^2$ de colector. En estas condiciones, el digestor de 3 m^3 de carga, producirá unos 2 m de gas por día con una capacidad calorífica de 6000 Kcal/m^2 . Es decir que podemos disponer de unos 50 MJ/día de energía en forma de gas y 1500 MJ mes, cantidad esta que duplica los requerimientos energéticos del invernadero, ya que se ha estimado que la necesidad (para 18 días del mes de julio con temperaturas por debajo de 3°C) en 700 MJ mes.

OPERACIÓN DEL SISTEMA

Un conjunto de termocuplas ubicadas en el interior del biodigestor, T_1 , en la pileta del colector solar, T_2 , y en el interior del invernadero, T_3 , conectadas a termostatos, nos permitirán operar el sistema en forma automática.

Cuando sea $T_1 < 30\text{ }^\circ\text{C}$ y $T_2 > 40\text{ }^\circ\text{C}$ se pondrá en marcha una pequeña bomba (operada con un motor de c.c. alimentado por una batería, que se carga mediante un panel fotovoltaico, adecuado para zonas aisladas) que extraerá el agua del circuito calefactor interior al biodigestor y lo ingresará a la pileta del colector solar. Cuando $T_3 < 3\text{ }^\circ\text{C}$ se encenderán los quemadores de biogas ubicados en el interior del invernadero.

BIOGAS

La obtención de energía bajo la forma de gas metano se fundamenta en la acción que los microorganismos ejercen sobre la materia orgánica en condiciones de anaerobiosis. Los microorganismos propios (colonias mixtas) son capaces de degradar la materia orgánica hasta la obtención del biogas. El proceso es sumamente complejo y puede resumirse en etapas:

- hidrólisis: las grandes y complejas moléculas del substrato son depolimerizadas y transformadas en moléculas más sencillas. Su etapa limitante es la resistencia de los desechos lignocelulósicos pero por acción combinada de enzimas y bacterias se supera.
- acidificación: parte de los productos de hidrólisis son transformados en ácidos grasos.
- acetificación: ciertas bacterias logran productores del gas metano- ácido acético, fórmico, butírico, hidrógeno y gas carbónico.
- metanización: en un proceso estrictamente anaeróbico y pH 6,5 a 8, las bacterias producen gas metano a partir de los precursores. La temperatura óptima es $30 - 45\text{ }^\circ\text{C}$ para bacterias mesófilas y $50 - 55\text{ }^\circ\text{C}$ para las termófilas.

La variedad de microorganismos intervinientes, sus actividades, a la vez, complementarias e inhibitoras, hacen bastante difícil la conducta óptima de la fermentación metánica. No obstante, la elección de $32\text{ }^\circ\text{C}$ para la fermentación tiene la ventaja de menor producción de vapor de agua y anhídrido carbónico, mayor proporción de especies microbianas metalogénicas y un balance energético más favorable. Además, hay que tener presente que es un proceso exotérmico complejo.

El substrato se debe introducir al biodigestor en forma continua, una a varias veces al día. En una cámara previa el material debe ser mecánicamente fluidizado o al menos triturado. Por gravedad, el biodigestor, descarga un lodo que contendrá abundantes microorganismos anaeróbicos (mueren al exponerse al aire), material orgánico despolimerizado y

productos inorgánicos; todos ellos adecuados para ser incorporados como nutrientes naturales de vegetales e incluso algunos los utilizan para alimentación animal.

Las características del gas metano obtenido dependen de la calidad de alimentación del biodigestor. En términos generales, la composición química es:

..gas metano. 40 - 60 % . ; anhídrido carbónico . 20 - 35 %
..ácido sulfídrico. . . . 0,2- 2 % ; ..otros gases

Se puede mejorar la proporción de gas metano efluente por retención de los otros. Una trampa con cal hidratada elimina al gas carbónico y el sulfídrico puede ser retenido haciendo circular al gas por una solución de sales con metales pesados. Sin embargo, no es aconsejable la total eliminación del sulfídrico, puesto que su mal olor nos alerta sobre las pérdidas de gas

USOS

Son múltiples y en general cumple las mismas funciones del gas metano comercial, con la ventaja de ser más barato, permitir la eliminación de los residuos de la actividad humana y biológica en general, los contaminantes y evitar la proliferación de insectos y roedores.

Conclusiones

- 1) Se dispone de condiciones óptimas , materia prima suficiente , personal con capacidad y conocimientos suficientes , para efectuar el desarrollo de un biodigestor destinado a la producción de biogas.
- 2) El biogas producido se podrá emplear para evitar el congelamiento de las especies que se cultiven en invernadero durante el invierno y para otros fines durante el resto del año.
- 3) El desarrollo de este dispositivo y su aplicación podrá tener efectos multiplicadores para su difusión por que se lleva a cabo dentro de un establecimiento educacional.

BIBLIOGRAFIA

- 1) INVERNADERO CALEFACIONADO CON ENERGIA SOLAR.
Follari J. ; Fasulo A. ; Odicino L. ; Perello D. ; Di Genaro J. y Esteban C.
Actas de la XVI Reunión de Trabajo de ASADES - La Plata - 1993.
- 2) INVERNADERO CALEFACIONADO CON ENERGIA SOLAR. - Follari J
Informe personal - Campaña 1994.
- 3) ARQUITECTURA BIO-CLIMATICA Y SOLAR.
Perello D. - Informe Curso de Post-grado UNSL 1994
- 4) LABORATORIO DE ENERGIA SOLAR DE LA UNSL.
Datos estadísticos sobre clima y radiación solar de San Luis, período 1973 - 1993 .
- 5) ENFRIAMIENTO PASIVO EN CONTACTO CON LA TIERRA.
Mosconi P. - Actas de la IX Reunión de Trabajo de ASADES - 1984.
- 6) PLASTICOS PARA ARQUITECTOS Y CONSTRUCTORES.
Dietz A. G. H. - Ed. Reverté 1973.
- 7) BIOGAS Y BIOFERTILIZANTE PARA MEJORAR LA CALIDAD DE VIDA DE LA REGION.
Ascar J.M. ; Montoya M. ; Pedranzani B.; Tours N. ; Strasser E. y Curvale R.
Revista Cuidemos Nuestro Mundo. Ira Reunión del modelo Ambiental para San Luis. Ed. U.N.S.L. -1993-
- 8) PRODUCCION DE ENERGIA EN EL TRATAMIENTO ANAEROBICO DE EFLUENTES.
Civit E. y Bauza C.-Revista La Alimentación Latinoamericana, N° 151-Buenos Aires.
- 9) LA ENERGIA DE LA BIOMASA - Chartier P. Meriaux S.
Revista Mundo Científico La Recherche, Vol. 7, N 2, 160,171, 1980.
- 10) LOS DIGESTORES, ENERGIA Y FERTILIZANTES PARA EL DESARROLLO RURAL.
Baqueano Muñoz M. y col. CETAL. Chile 1983.
- 11) RAPPORTO SUL BIOGAS. De Poli Fabrizio ENEA. Roma 1989
- 12) MANUAL TECNICO PARA LA CONSTRUCCION Y OPERACION DE BIO-DIGESTORES.
Embrater, Brasilia. Brasil. 1980.