

## Investigación de proyectos

Biodigestor doméstico para comunidades rurales y urbanas

*Domestic biodigester for rural and urban communities*

Israel Cerón García

Cecytem Tequixquiac

israel.ceron.6y8@soycecytem.mx

Olivia Ávila Cervantes; Raúl Alejandro Azotla Tapia; Zaíra Ivón Blas García; Yazmín Carmen Oropeza; Erick Javier Carmen Ramírez; Esquivel Rodríguez Fernanda; Iván Valencia García.

**DOI:** <https://doi.org/10.38128/cienciayfilosofa.v7i7.44>

### Resumen

A partir de una metodología de proyectos de emprendimiento en el Colegio de Estudios Científicos y Tecnológicos del Estado de México en el Plantel Tequixquiac se contribuye al desarrollo ecotecnológico mediante un prototipo biodigestor doméstico para comunidades rurales y urbanas con el propósito de disminuir la emisión de gases contaminantes y promover una cultura ecológica sustentable en la región.

**Palabras claves:** biodigestor, cecytem, cambio climático, proyecto productivo.

### Abstract

From a methodology of entrepreneurship projects in the College of Scientific and Technological Studies of the State of Mexico in the Tequixquiac Campus, ecotechnological development is contributed through a domestic biodigester prototype for rural and urban communities with the purpose of reducing the emission of polluting gases. and promote a sustainable ecological culture in the region.

**Keywords:** biodigester, cecytem, climate change, productive project.

Enviado: 22.02:2022

Aprobado: 09:03:202

Publicado: 02.06:2022

## Introducción.

Hoy en día el cambio climático representa uno de los mayores retos de nuestra era. Para ello la ONU (2022) ha propuesto en su séptimo punto de la agenda 2030 que es necesario tener energía no contaminante que pueda sustituir el uso de los combustibles fósiles.

Por otra parte, se estima que “Aproximadamente un 35% de la basura que se produce en los hogares corresponde a desechos orgánicos tales como restos de comida, café, trozos de carne, huesos, hojas de jardín, etc.”

Es por ello que promover el uso y diseño de biodigestores se presenta como una estrategia para mejorar la vida del usuario y el cuidado del medio ambiente. Tequixquiac actualmente es un municipio con alto grado de ganadería y agricultura por lo que el índice de desechos orgánicos no aprovechados y además perjudiciales es bastante alto.

Promover el uso de digestores para la producción de gas metano es una solución a ambos problemas, por lo que se busca construir un biodigestor a base de materiales plásticos capaces de disminuir el consumo de gas LP en los hogares de toda la comunidad. Para construirlo se utilizarán pequeños bidones, tubería PVC y mangueras de plástico con el fin de disminuir costos y como parte innovadora se busca colocar el digestor en el interior de un mueble compacto de madera el cual servirá de carcasa al dispositivo para darle una vista más estética. Para las comunidades urbanas se buscará colocar además un sistema de control de válvulas para que estas puedan abrir y cerrar electrónicamente para que el digestor pueda estar colocado a la estufa del usuario y pueda proporcionar gas alternativo en el momento que el usuario lo requiera. También se busca integrar una pantalla indicadora que muestra al usuario si está empleando el gas de su cilindro o el gas del digestor.

Al final de este proyecto se busca presentar un producto capaz de adaptarse a la mayoría de los usuarios (de un medio rural o urbano) con el fin de mostrar que sin importar el lugar todos pueden aprovechar las ventajas de esta tecnología, cuidar el medio ambiente y ahorrar.

## Justificación.

La contaminación y el cambio climático presentan una de las más grandes problemáticas de la actualidad. Sin embargo, la necesidad de asegurar el acceso a la energía para gozar de calidad de vida y para el desarrollo económico es igual de importante. Por tanto, es esencial abordar el cambio climático como parte de la agenda de desarrollo sostenible.

El uso global de la energía ha ido aumentando desde la revolución industrial de forma creciente. Las fuentes principales de energía son los combustibles fósiles. Actualmente, el carbón, gas natural y petróleo aportan un 80% del total de la energía utilizada. Las reservas de combustibles fósiles son limitadas y se requieren fuentes alternativas de combustible. Entre ellas una de las propuestas más atractivas es el biogás y el uso de la energía solar, las cuales se presentan como fuentes más limpias y en el caso del biogás como una fuente renovable que se basa en el uso de materia orgánica la cual de todos modos se produce, pero no se emplea adecuadamente y, por el contrario, en grandes cantidades perjudica al ambiente y produce virus y bacterias dañinas para el ser humano y aporta grandes cantidades de dióxido de carbono a la atmósfera.

Es por todo ello que el diseño y comercialización de un biodigestor capaz de adaptarse a la mayoría de los usuarios de zonas rurales y urbanas es una solución, ya que estos con dispositivos que transforman la materia orgánica en biol y gas metano mediante un proceso natural de fermentación anaerobia, lo cual traerá grandes beneficios para los consumidores.

Entre estos beneficios destaca una disminución en el consumo de gas lo cual se traduce en un ahorro monetario para los hogares mexicanos (principalmente en Tequixquiac) y para los agricultores, ya que mediante este proceso obtendrán fertilizantes a bajo costo y no contaminantes para sus cultivos. Por otra parte, el aprovechamiento de residuos ganaderos en Tequixquiac beneficiará a toda la comunidad, ya que todos los años las lluvias arrastran el estiércol producido por los animales afectando los desagües y generando afectaciones en algunas viviendas.

Como innovación se busca diseñar una línea de biodigestores más estilizada para que los usuarios puedan colocarlo en el interior de sus hogares sin necesitar grandes espacios y así reutilizar los desechos orgánicos de la cocina o los desechos generados por los animales.

#### [Acciones de responsabilidad social.](#)

Según el CEDRSSA (Centro de Estudios para el Desarrollo Rural Sustentable y la Soberanía Alimentaria) De acuerdo a información del comercio exterior y la producción nacional de fertilizantes, en el 2017 hubo una disponibilidad de 4.9 millones de toneladas de fertilizantes en México, de los cuales el 66.4% son nitrogenados, el 22.2% son

fosfatados. 8.1% potásicos y el 3.3% son mezclas de los tres principales nutrientes que definen a los tipos de fertilizantes mencionados (nitrógeno, fósforo y potasio).

En cuanto a su origen, el 79.0% es importado y el resto es de producción nacional, observándose que la mayor dependencia es de los nitrogenados, que son los de mayor uso en el país y que representan el mayor volumen y valor de la importación de fertilizantes (66.7 y 61.3 por ciento, respectivamente) y de estos fertilizantes, la urea es el fertilizante de mayor volumen y valor de las importaciones totales de fertilizantes.

Como puede observarse, existe una gran demanda de fertilizantes en el territorio nacional que debe ser subsanada, es por eso que como acción principal de responsabilidad social la empresa buscará apoyar al campo y a los usuarios del producto siendo un intermediario entre cliente y campesino con apoyo de los gobiernos municipales y/o estatales.

En este sentido la empresa trabajará con ayuda del ayuntamiento como un centro de intercambio en donde las personas puedan llevar su biol para que pueda ser intercambiado por un producto del campo y a su vez que los campesinos y dueños de viveros puedan llevar fertilizante orgánico para sus cultivos a cambio de un poco de su producto. De esa manera se impulsa el cuidado del medio ambiente y se le da un apoyo al campesino así como a los clientes o usuarios que ya utilizan un biodigestor.

Como segundo punto se aprovechará la alianza con los ayuntamientos para dar pláticas ambientales donde sea promovido el uso de las energías renovables mostrando sus beneficios a corto y largo plazo, esto con el fin de dar a conocer los productos de la empresa y crear una nueva mentalidad en las presentes y nuevas generaciones.

### Objetivos.

objetivo general: Diseñar y construir un biodigestor capaz de satisfacer necesidades de usuarios tanto rurales como urbanos con el fin de disminuir el consumo de gas de petróleo y así contribuir con los objetivos de la agenda 2030 “energía asequible y no contaminante”.

Para lograr este objetivo el dispositivo debe ser compacto y estético, capaz de colocarse en el hogar de cualquier usuario y de interactuar con lo ya existente. Para lograr esto se planea instalar un control de válvulas electrónicas capaces de conectar el tanque de gas LP y el digestor sin mezclar los gases para que el usuario pueda utilizar su estufa de manera normal con solo presionar un botón; Para que el usuario conozca de donde

proviene el gas, será necesario instalar una pantalla LCD o un sistema de LEDS indicadores.

### Objetivos específicos

1. Realizar una investigación de cómo se obtiene gas metano mediante la fermentación anaeróbica de la materia orgánica.
2. Investigar cuánta materia orgánica se requiere para producir el gas y cada cuanto debe suministrarse.
3. Investigar cómo se maneja el biol.
4. Diseñar y construir un biodigestor compacto y estético para producir biogás a base de desechos orgánicos.
5. Construir una carcasa para el dispositivo, la cual lo hará más atractivo para los clientes.

### Estado de Arte.

Para hallar similitudes con el proyecto a desarrollar se digitó en el motor de búsqueda de Google Académico la frase biodigestor doméstico para comunidades rurales y urbanas, el resultado arrojado fue de 5,830 (0.12 s) artículos relacionados, de los cuales se utilizaron los más próximos a la categoría rurales. Este fue el resultado del análisis de las similitudes así como la evolución de la ecotecnia en cuestión.

Se define a un biodigestor como un sistema diseñado para optimizar la producción de biogás por medio de desechos orgánicos y de esa manera obtener energía limpia, renovable y de bajo costo por medio de la fermentación anaeróbica. (Arrieta Palacios, W. J. O. 2016)

Sin embargo, la idea surge desde hace muchos siglos cuando se observó que el biogás se generaba de forma natural en los pantanos, donde la materia orgánica enterrada bajo el lodo sufre un proceso de digestión anaerobia gracias a las bacterias presentes. Este gas fue conocido como gas de los pantanos. (Tobón Abello, A. H. 2018) Los biodigestores simulan ese mismo proceso natural, donde las bacterias transforman el estiércol en biogás y fertilizante, pero de modo controlado.

Los primeros biodigestores se realizaron en China a mediados del siglo XX. Eran biodigestores hechos de ladrillo que se asemejaban a ollas de cocina gigantes enterradas y cerradas herméticamente. Debido a la laboriosidad de la obra de este tipo de

biodigestores, sus costes eran altos y hacían que esta tecnología no fuese accesible a las familias pequeñas del ámbito rural con menores recursos.

Actualmente (Carreon Cahuari, E., & Arhuire Surco, C. T. 2020), con el uso de los polímeros se pueden obtener mejores resultados en la producción de biogás, ya que al ser permeables y baratos hacen que los biodigestores sean viables y accesibles para los usuarios sobre todo en las comunidades rurales en las cuales la agricultura y la ganadería son actividades importantes y donde siempre se genera un exceso de materia orgánica. Sin embargo, en las zonas más urbanizadas el exceso de sobras de alimentos y desperdicios orgánicos también existe y todos esos desechos van directamente a la basura sin ser bien aprovechados.

¿Cómo funciona un biodigestor?

Un biodigestor es un sistema que cuenta principalmente con un tanque de almacenamiento, puede ser un bidón rígido o una cámara plástica flexible en la cual se almacena la materia orgánica (Ariza, C. P., Toncel, L. A. R., & Blanchar, J. S. 2018). Para lograr esta función dicha sección debe contar con una abertura de entrada y una salida para realizar la carga y descarga de la materia respectivamente y estas deben estar a distintos niveles de altura para que la materia pueda fluir a gravedad, colocando el punto de entrada en un punto superior a la salida. Posteriormente en el interior del tanque se lleva a cabo un proceso de fermentación anaeróbica donde las bacterias descomponen la materia orgánica y dan como resultado gas metano y biol. El biol se retira a gravedad al introducir materia nueva y el gas obtenido como resultado del proceso se conduce por una tubería, la cual debe pasar por dos válvulas antes de poder ser aprovechado, la primera es una válvula con esponjilla de hierro en la cual el gas elimina una parte que puede ser tóxica. (Lehner, F. V. 2016) Posteriormente, el sistema incorpora una trampa de agua, la cual tiene como objetivo condensar el vapor generado por el tanque antes de pasar a los quemadores y finalmente encontramos una válvula de alivio la cual funciona como sistema de seguridad para evitar posibles sobrepresiones. Finalmente, el gas puede ser conducido a un quemador o estufa para ser aprovechado. Lo anterior puede ser ilustrado en la siguiente imagen.



Imagen obtenida del catálogo de sistema Bio (<http://www.sistema.bio/>)

Finalmente, para conocer cuánto biogás se produce en por cierta cantidad de estiércol, se adjunta la siguiente imagen.

Clima Cálido (>23° C)	Ganado Bovino							
	Modelo	Estiércol (L/día)	Cabezas semi estabulado	Biogás producido			Biol producido	
				Producción diaria de biogás (m <sup>3</sup> /d)*	Tiempo de cocción promedio diario en un quemador (h/día)**	Equiv. en Gas Lp (kg/mes)	(L/día)	(ha/año)
Sistema 6	45	5	1.7	3.3	21	135	4.9	
Sistema 8	65	7	2.4	4.8	31	195	7.1	
Sistema 12	90	9	3.3	6.7	43	270	9.9	
Sistema 16	130	13	4.8	9.6	62	390	14.2	

Imagen obtenida del catálogo de sistema Bio (<http://www.sistema.bio/>)

Como el proyecto incluye la elaboración de un producto, entonces es necesario el desarrollo de un prototipo que muestre y demuestre cómo se lleva a cabo el gas metano a través del proceso de fermentación anaeróbica, para ello se siguen los siguientes pasos de acuerdo con la metodología de prototipos.

### Planteamiento del problema.

Problema: Los combustibles fósiles comprenden el 80% de la demanda actual de energía primaria a nivel mundial y el sistema energético es la fuente de aproximadamente dos tercios de las emisiones globales de CO<sub>2</sub>. (ONU).

El tema de los combustibles fósiles más allá de un problema nuevo es un estudio que desde varias décadas se trata de solucionar, para ello hoy en día existen nuevas formas de energía más limpias y cada vez más factibles. Los digestores, sin embargo, son una

tecnología antigua que hoy regresa como una alternativa más a este problema, pero en una forma actualizada, con mejores materiales capaces de hacer que puedan adaptarse a la mayoría de los usuarios.

Y para que estos puedan adaptarse a esa gran mayoría es necesario diseñar digestores más pequeños y adaptables no solo a las zonas rurales sino también urbanas.

Solución: Este proyecto entonces se diseña un modelo compacto que pueda estar dentro del hogar de cualquier persona sin importar la zona en que resida con el fin de generar menos desechos, ya que no hay desechos, solo recursos aprovechables.

Dicho diseño es un sistema construido mayormente con plásticos y podrá ser desarmado para su fácil manejo, instalación o mantenimiento.

Proyección: Al finalizar el proyecto se pretende tener un producto que sirva como base para construir más ejemplares similares que puedan ser vendidos en varias partes de este municipio (Tequixquiac), estado y posteriormente en el país. Se espera además que dicho producto tenga un impacto positivo en el cuidado del medio ambiente y que genere un cambio de mentalidad en los usuarios y que estos se den cuenta de que la “basura” también puede ser aprovechada.

### Metodología.

Después de llevar a cabo la investigación inicial (Estado del arte) para comprender el funcionamiento básico de un biodigestor se realizó un mapa conceptual de los elementos básicos necesarios para el funcionamiento del prototipo y posteriormente se llevó a cabo la cotización y adquisición de algunos componentes como se muestra a continuación.



Posteriormente, se adquirieron dos bidones y algunos conectores con rosca interior y exterior para comenzar con el armado; El proceso se muestra en la siguiente figura:



En la primera etapa se muestra el barrenado con taladro en los bidones, en la segunda etapa se aprecia la parte de aplicación de limpiador de PVC y pegado de las tuberías y en la tercera parte se puede apreciar la unión de ambos bidones, los cuales servirán como almacenamiento de la materia orgánica durante el proceso de fermentación.

Aunado a esto y bajo el mismo proceso se llevó a cabo la colocación de las entradas y salidas de gas y de materia orgánica sobre los bidones del biodigestor. El proceso terminado se presenta en la siguiente imagen.



Como se puede apreciar el sistema sería un poco frágil de transportar si estuviera lleno, caso de ser necesario, es por eso que fue pertinente instalar una base de madera que funcione como chasis soporte del sistema, pero que además permita mover fácilmente. El proceso se ilustra a continuación.



Hasta el momento se muestra cómo se resolvió el problema de almacenamiento de la materia orgánica y la movilidad, sin embargo, aún era necesario instalar un sistema profundo de drenado, pero sin perder de vista un sistema ergonómico y de fácil instalación es por eso que se instaló un sistema de vaciado total de la materia orgánica por debajo de la base con ayuda de tuercas unión las cuales permiten desensamblar el biodigestor totalmente.



Al final se agregó un tanque adicional de veinte litros con la finalidad de acumular el gas producido durante la fermentación. A continuación, se muestra una imagen con el avance que tiene el prototipo hasta el momento.



### Resultados.

Una vez terminada la parte inicial del proyecto se construyó un filtro de gas a base de esponjilla de hierro, el cual tiene como función principal la de eliminar la parte corrosiva y tóxica del gas obtenido. Lo anterior se muestra en la siguiente imagen.



Como se observa la válvula está instalada en un recipiente de PET, el cual fue cuidadosamente cerrado en uno de sus extremos por medio de silicona y por sus extremos se instaló un conector de espiga para la tubería de gas.

Después se fabricó una pequeña válvula de condensación la cual tendrá como objetivo atrapar las partículas de vapor y convertirlas en agua para evitar que se mezclen con el gas. Dicha válvula se observa en la figura.



Posteriormente, se instaló la tubería de gas la cual tiene la función de conducir el gas desde los tanques de digestión hasta el tanque de almacenamiento y finalmente hasta la estufa, parrilla o elemento que se pretenda encender. Lo anterior puede observarse en la fotografía.

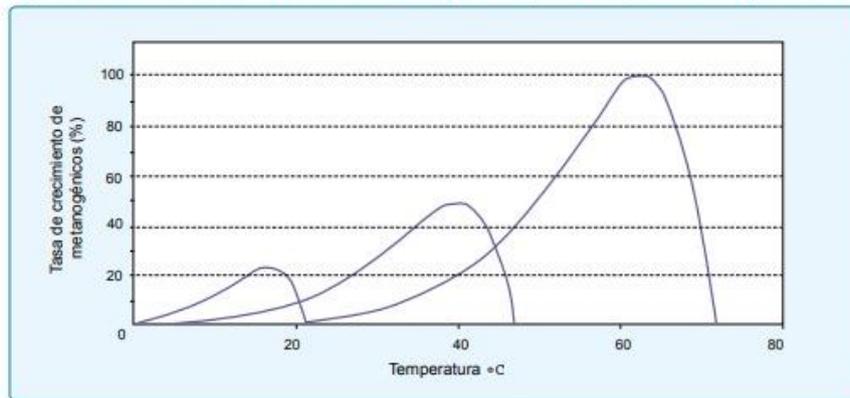


Una vez instalada la línea de conducción de gas se llevó a cabo el llenado de digester, para el cual se preparó una mezcla de 10% hojarasca, 2% aceite vegetal y una relación 1:1 de estiércol vacuno y agua.



Es importante mencionar que la temperatura es un punto muy importante en el proceso de fermentación y que de esta dependerá la rapidez con la que se logra obtener el gas.

Figura 3.2. Tasa de crecimiento relativo de microorganismos psicrófilos, mesófilos y termófilos.



Fuente: Speece (1996)

Tabla 3.10. Rangos de Temperatura y Tiempo de fermentación Anaeróbica

Fermentación	Mínimo	Óptimo	Máximo	Tiempo de fermentación
Psicrophilica	4-10 °C	15-18°C	20-25°C	Sobre 100 días
Mesophilica	15-20 °C	25-35°C	35-45°C	30-60 días
Thermophilica	25-45°C	50-60°C	75-80°C	10-15 días

Fuente: Lagrange, 1979.

En la gráfica anterior podemos observar el tiempo aproximado de fermentación de acuerdo a la temperatura. Es importante mencionar que a causa de las temperaturas invernales se espera una fermentación de Psicrophilica la cual puede tardar más de 100 días para lograr obtener una cantidad considerable de gas que nos permita una combustión.

Por último, se instaló un arco de madera al rededor del digestor con el fin de sujetar adecuadamente las mangueras y ofrecer una mayor rigidez y protección a la estructura lo anterior se ilustra a continuación.



## Discusión.

1.- Se tiene planeado llegar a una cobertura de servicio de 20 unidades cada mes con un costo al público por unidad de \$2,700.00, lo cual competiría considerablemente con el actual consumo energético que está sujeto a la inflación y a las crisis recurrentes de los energéticos a nivel mundial, sobre todo la importación de gas licuado, gas natural, diésel y combustóleo que son los principales recursos energéticos disponibles en las zonas urbanas. Sin embargo, para las zonas rurales y apartadas estos recursos no solo son escasos, sino que la utilización de carbono natural ha traído como consecuencia la deforestación y el control del mercado por parte de agentes económicos que evaden impuestos, De modo que la pertinencia del proyecto está orientada hacia las regiones rurales y apartadas ya que se trata de mejorar las condiciones económicas, ecológicas y de inclusión que hasta el momento las políticas públicas no han tenido cobertura.

## Referencias

Arrieta Palacios, W. J. O. (2016). Diseño de un biodigestor doméstico para el aprovechamiento energético del estiércol de ganado.

Tobón Abello, A. H. (2018). Análisis de los posibles factores que dificultan la implementación de biodigestores tipo tubular y cúpula flotante en las zonas rurales y urbanas de la región Norte de Colombia (Master's thesis, Universidad Del Norte).

Carreon Cahuari, E., & Arhuire Surco, C. T. (2020). Una revisión a la evaluación técnica y económica en la generación del biogás a partir de residuos domésticos para uso familiar.

Ariza, C. P., Toncel, L. A. R., & Blanchar, J. S. (2018). biodigestión anaerobia como alternativa energética para reducir el consumo de leña en las zonas rurales del municipio de fonseca, la guajira anaerobic biodigestion as an energy alternative to reduce the consumption of firewood in rural areas. In *Congreso Internacional De Energías* (p. 258).

Lehner, F. V. (2016). Potencial de biodigestores para el tratamiento de efluentes orgánicos en el ámbito rural. *Revista de la Sociedad Científica del Paraguay*, 21(1), 111-124.

El papel de los combustibles fósiles en un sistema energético sostenible | Naciones Unidas. (Dakota del Norte). *Naciones Unidas* . Obtenido de: <https://www.un.org/es/chronicle/article/el-papel-de-los-combustibles-fosiles-en-un-sistema-energetico-sostenible>.

Link de la presentación del video

<https://youtu.be/OGGFbGP6YCE>

Anexo 1.

Modelo canvas

<p><b>Aliados Clave</b></p> <p>Ferreterías</p> <p>Servicio de paquetería</p> <p>Campesinos</p> <p>Madererías</p>	<p><b>Actividades Clave</b></p> <p>Manufactura del producto</p> <p>Embalaje y entrega del producto</p> <p>Marketing</p> <p>Técnicos de instalación</p>	<p><b>Propuesta de Valor</b></p> <p>Precio competitivo</p> <p>Producto innovador, de fácil instalación y requiere poco mantenimiento</p> <p>Requiere poco espacio</p>	<p><b>Relación con el Cliente</b></p> <p>Facebook</p> <p>WhatsApp</p> <p>Mercado libre</p>	<p><b>Segmentos de Clientes</b></p> <p>Jefes de familia que deseen aprovechar sus desechos orgánicos para generar biogás.</p> <p>Campesinos o ganaderos que quieran aprovechar los recursos orgánicos y obtener biogás y biol.</p>
<p><b>Recursos Clave</b></p> <p>Herramientas para la fabricación del producto.</p> <p>Personal capacitado para el armado y manejo.</p> <p>Redes de distribución</p>		<p><b>Canales</b></p> <p>Publicidad en redes sociales (Facebook)</p> <p>Mercado libre</p> <p>WhatsApp</p> <p>Tlapalerías</p>		
<p><b>Estructura de Costes</b></p> <p><b>Insumos o materia prima</b></p> <p>Horas hombre para la manufactura y mejora del producto</p> <p>Embalaje y distribución de productos</p> <p>Marketing</p>		<p><b>Estructura de Ingresos</b></p> <p>Está estrechamente ligada al número de unidades vendidas</p> <p>Alianza con tiendas de venta directa y/o en línea</p>		