





## Colaboraron en su creación y revisión

















## Mantenimiento y operación de biodigestores agropecuarios

## Guía práctica para el pequeño productor

Propiedad de Asociación Costarricense de Biogás

Elaborado por:

Biogás para Todos y Asobiogás Financiado y supervisado por Wisions

Asociación Costarricense de Biogás

https://asobiogas.org/

Facebook: Asociación Costarricense de Biogás

E-mail: info@asobiogas.org

Youtube: Asociación Costarricense de Biogás

Heredia, Costa Rica, 2021

Primera Edición

Edita:

Evelyn Rodríguez Arias

ISBN: 978-9930-541-96-8

ISBN: 978-9930-541-93-7 (digital)

Hecho depósito legal

Diseño y maquetación: Evelyn Rodríguez Arias

Impresión:

Taller de Publicaciones Tecnológico de Costa Rica

Impreso en Costa Rica

Autores:

Claudia C. Villarreal

Jean Carlo Guerrero Piña

Esteban Acosta Pereira

Joaquín Víquez

Herberth Villalobos Soto

Luis Carazo Badilla

Marco Chaves Flores

Adrián Sandí Campos

Gustavo Richmond-Navarro

Raúl Botero Botero

Gerardo Umaña Rojas

Carolina Hernández Chanto

Coordinación:

Claudia C. Villarreal

Revisión y edición técnica:

Jean Carlo Guerrero Piña

Gustavo Richmond-Navarro

Mayela Navarro Picado

Kristina Rojas Sossa





## Sobre los autores

#### Claudia C. Villarreal

Escuela de Ciencia e Ingeniería de los Materiales. Centro de Investigación y Extensión en Ingeniería en Materiales, Instituto Tecnológico de Costa Rica. Asobiogás.

#### Jean Carlo Guerrero Piña

Asobiogás.

#### **Esteban Acosta Pereira**

Viogaz S.A. Asobiogás. Grupo consultor Sembrando Flores.

#### Joaquín Víquez

Asobiogás.

#### **Herbert Villalobos Soto**

Área Socio Ambiental Región Central-División Generación, Instituto Costarricense de Electricidad.

#### Luis Carazo Badilla

Desarrollo Agropecuario. Universidad EARTH.

#### **Marco Chaves Flores**

Biomatech Engineering Ltda. Asobiogás.

#### Adrián Sandí Campos

Consultor independiente. Asobiogás.

#### **Gustavo Richmond-Navarro**

Escuela de Ingeniería Electromecánica, Instituto Tecnológico de Costa Rica.

#### Raúl Botero Botero

Consultor independiente.

#### Gerardo Umaña Rojas

Arietes y Biodigestores de Costa Rica.

#### Carolina Hernández Chanto

Programa de biogás, Planificación y sostenibilidad, Instituto Costarricense de electricidad. Asobiogás.





## Prólogo

La Asociación Costarricense de Biogás, desde su creación en 2015, ha trabajado por articular los esfuerzos necesarios para que Costa Rica cuente con un sector de biodigestión anaerobia amplio, desarrollado, seguro y tecnificado.

Promover este desarrollo está implicando una extensiva labor de educación, promoviendo cambios normativos, mejoras en los sistemas y buenas prácticas en los usuarios de los sistemas. Esta Guía Práctica de Mantenimiento y Operación de Biodigestores para el productor agropecuario reúne los conocimientos los sectores profesionales para que los biodigestores en el entorno rural sean una tecnología duradera y bien aprovechada.

El empoderamiento con promoción de la autonomía en las capacidades de operación y mantenimiento es un aspecto fundamental de esta Guía. Se busca que todas las recomendaciones y tareas detalladas sean fácilmente comprendidas por las personas agricultoras de Costa Rica y Latinoamérica, explicando de forma concreta y gráfica los conceptos, para construir una relación productor-biodigestor más independiente y estrecha, y que el biodigestor sea una herramienta que vincule los distintos procesos en las fincas pequeñas de nuestra región.

El Programa Biogás Para Todos, cuyo objetivo es promover la accesibilidad de la tecnología de biodigestión anaerobia para los sectores más vulnerables de la población costarricense, ha contribuido a la Guía con la estructuración de las tareas de cuido y reparación de los sistemas, la cual ha desarrollado a lo largo de varios años de capacitación de voluntarios y familias. La academia costarricense, profesionales del sector público y privado, emprendedores y proveedores de la tecnología de biogás, reunidos en Asobiogás, son los autores de esta Guía.

Tanto de forma individual y como sector, representado en Asobiogás, los autores buscan la consolidación de una tecnología multipropósito que impacta beneficiosamente al usuario y a su entorno.

Claudia C. Villarreal, Ph.D. Coordinadora de Proyecto Asociación Costarricense de Biogás

Ing. Jean Carlo Guerrero Piña Colaborador de Proyecto Asociación Costarricense de Biogás





## Prólogo

En WISIONS estamos convencidos de que los biodigestores son excelentes herramientas para las agriculturas familiares en América Latina y el Caribe. Ellos ofrecen la posibilidad de mejorar el desempeño productivo y ambiental de las fincas. Por ejemplo, a través del tratamiento adecuado de desechos orgánicos, la descontaminación de aguas residuales y la producción autónoma de un poderoso fertilizante orgánico (digestato) y de un combustible con múltiples aplicaciones como lo es el biogás.

Si bien estos diversos beneficios son tremendamente prometedores, esta misma multifuncionalidad de los biodigestores implica también múltiples retos para el diseño y la aplicación apropiada de la tecnología en cada finca.

Algunos de los retos más comunes con los que se enfrentan las familias productoras, que deciden instalar un biodigestor en su finca, están relacionados con las diferentes tareas necesarias para garantizar su operación y mantenimiento.

Esta guía práctica tiene como propósito facilitar la apropiación de los biodigestores por parte de las familias productoras.

Ha sido producido en el marco de un proyecto de la cooperación entre Asobiogás y WISIONS que busca consolidar la tecnología en Costa Rica.

Estamos seguros que esta guía será de utilidad para muchas organizaciones colegas de la región y que agrupadas en la RedBioLAC sueñan con y trabajan por "una Latinoamérica y Caribe resiliente donde los biodigestores y su uso universal aportan a una mejor calidad de vida de las familias productoras y de la población en general".

#### **Willington Ortiz Orozco**

Coordinador encargado Iniciativa WISIONS - Instituto Wuppertal





## **Contenidos**

El biodigestor y sus beneficios  1.1 ¿Qué es un biodigestor?  1.2 ¿Qué produce mi biodigestor?  1.3 ¿Cómo integro mi biodigestor a la finca?  1.4 Integración del biogás y sus componentes  1.5 ¿Cómo se alimenta mi biodigestor?	Pág. 1 Pág. 2 Pág. 3 Pág. 4 Pág. 5 Pág. 6
1.6 ¿Qué tipo de materia orgánica puedo usar? 1.7 ¿Cómo puedo aprovechar la biomasa que genera mi biodigestor?	Pág. 7 Pág. 8
1.8 ¿Cómo puedo aprovechar el biogás?	Pág. 9
<ul> <li>2. Cuidados básicos para el buen funcionamiento de mi biodigestor</li> <li>2.1 Medidas de seguridad</li> <li>2.2 Instalación del separador de sólidos</li> <li>2.3 Instalación de un filtro en la línea de biogás</li> <li>2.4 Estructura de protección externa</li> <li>2.5 Prevención de inundaciones</li> </ul>	Pág. 11 Pág. 12 Pág. 13 Pág. 14 Pág. 15 Pág. 16
3. Mantenimiento de mi biodigestor y sus accesorios 3.1 Programa de mantenimiento 3.2 Pasos previos antes de realizar cualquier mantenimiento 3.3 Reparación de agujeros en el biodigestor de PVC 3.4 Reparación de agujeros en el biodigestor de polietileno 3.5 Purga de lodos 3.6 La válvula de alivio 3.7 Mantenimiento de tuberías 3.8 Purga de agua de tuberías 3.9 Sustitución de equipo de biogás - Cocina 3.10 Mantenimiento de la estructura de techos 3.11 Limpieza de alrededores 3.12 Control de actividades de mantenimiento	Pág. 17 Pág. 18 Pág. 20 Pág. 21 Pág. 23 Pág. 24 Pág. 27 Pág. 28 Pág. 29 Pág. 30 Pág. 31 Pág. 33 Pág. 33
4. Solución de problemas 4.1 Mapa de solución de problemas 4.2 Solución a problemas frecuentes 4.3 Detección de fugas 4.4 Indigestión por exceso de sólidos 4.5 Eliminación de obstrucción de cocinas 4.6 Puesta en marcha de biodigestor inoperante	Pág. 35 Pág. 36 Pág. 38 Pág. 42 Pág. 46 Pág. 47 Pág. 48





## Carta al lector

Estimada persona lectora, en este libro te mostraremos cómo operar y mantener un biodigestor doméstico en tu finca agropecuaria.

Primero te contaremos que los biodigestores convierten los desechos orgánicos en energía y nutrientes para reintegrarlos al suelo. Conocerás cómo se integra el biodigestor a tu finca, cómo se alimenta y cuál es la mejora manera de aprovechar sus beneficios.

Luego verás los cuidados básicos para que tu biodigestor funcione adecuadamente, te hablaremos del separador de sólidos, del filtro para la línea del biogás y de los elementos de protección externa.

Después te presentamos el programa de mantenimiento, donde verás las actividades rutinarias que debes realizar, por ejemplo, verificar el nivel del agua en la válvula de alivio o purgar el agua que se acumula dentro de la línea de biogás.

Para finalizar, encontrarás una práctica guía de solución de problemas. Ahí verás qué hacer en muchas situaciones, por

ejemplo, te daremos opciones si ocurre que el biodigestor no se infla completamente, si la llama de la cocina es muy pequeña o si el biogás se gasta muy rápido, entre otras.

Esperamos que esta Guía práctica para el pequeño productor te sea de utilidad para tu finca y tus actividades diarias, que logres utilizar el biodigestor para aprovechar al máximo los recursos de tu finca y que a través de estos sistemas logremos una interacción más sostenible con el medioambiente.

¡Anímate a incluir un biodigestor en tu proyecto de vida! Estamos seguros que tanto usted como el medioambiente recibirán enormes beneficios.



## El biodigestor y sus beneficios

En este apartado podrá conocer lo útil que puede ser un biodigestor en una finca y los beneficios que se obtienen del biogás y del digestato. También se explica cómo se alimenta el biodigestor y la materia orgánica que puede recibir.

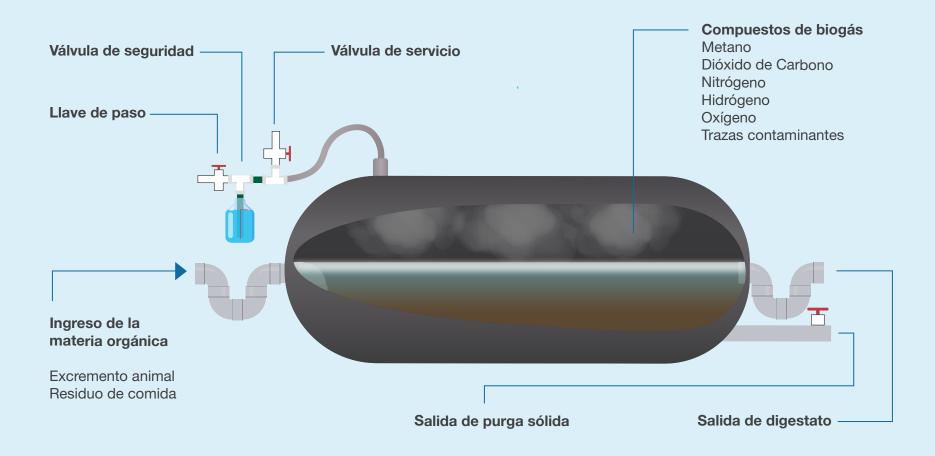
- 1.1 ¿Qué es un biodigestor?
- 1.2 ¿Qué produce mi biodigestor?
- 1.3 ¿Cómo integro mi biodigestor a la finca?
- 1.4 Integración del biogás y sus componentes
- 1.5 ¿Cómo se alimenta mi biodigestor?
- 1.6 ¿Qué tipo de materia orgánica puedo usar?
- 1.7 ¿Cómo puedo aprovechar la biomasa que genera mi biodigestor?
- 1.8 ¿Cómo puedo aprovechar el biogás?





## 1.1 ¿Qué es un biodigestor?

El biodigestor es un contenedor cerrado, sin oxígeno, en el cual la materia orgánica es consumida por microorganismos para producir un gas rico en metano (biogás) y un líquido fertilizante, nutritivo para los suelos, que es conocido como digestato.



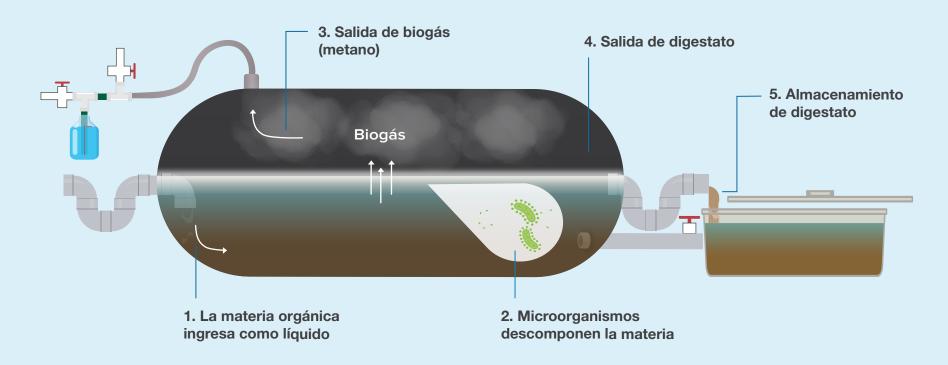




## 1.2 ¿Qué produce mi biodigestor?

**Biogás:** el biogás es una mezcla de gases, compuesto principalmente por metano y dióxido de carbono producto de la descomposición de desechos orgánicos. También se pueden encontrar otros compuestos en pequeñas cantidades, entre ellos el sulfuro de hidrógeno.

**Digestato:** es un recurso con nutrientes, que se puede aplicar al suelo para mejorar su fertilidad. Las plantas asimilan fácilmente estos nutrientes, mejora su vitalidad, acelera su crecimiento y mejora las cosechas.





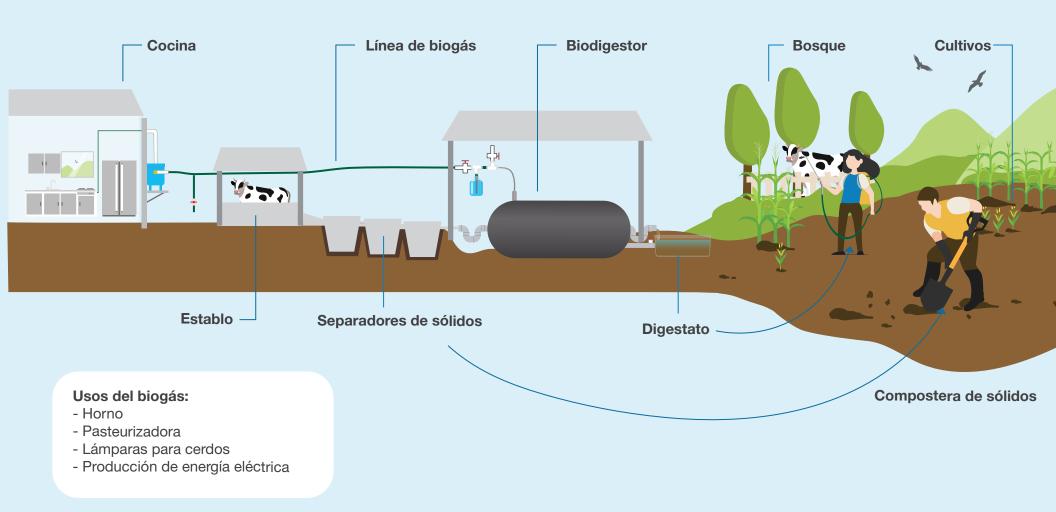
Se recomienda filtrar el biogás, para bajar la concentración de sulfuro de hidrógeno, pues en altas concentraciones puede causar intoxicaciones, o bien, dañar los equipos. Ver la sección 2.3 en la página 14.





## 1.3 ¿Cómo integro mi biodigestor a la finca?

El biodigestor es un sistema integrador de las distintas partes de la finca familiar, pues recibe los desechos orgánicos y los transforma en nutrientes para las plantas, como el digestato, y en energía para distintos artefactos, como cocinas, lámparas y pasteurizadoras, aprovechando el biogás.

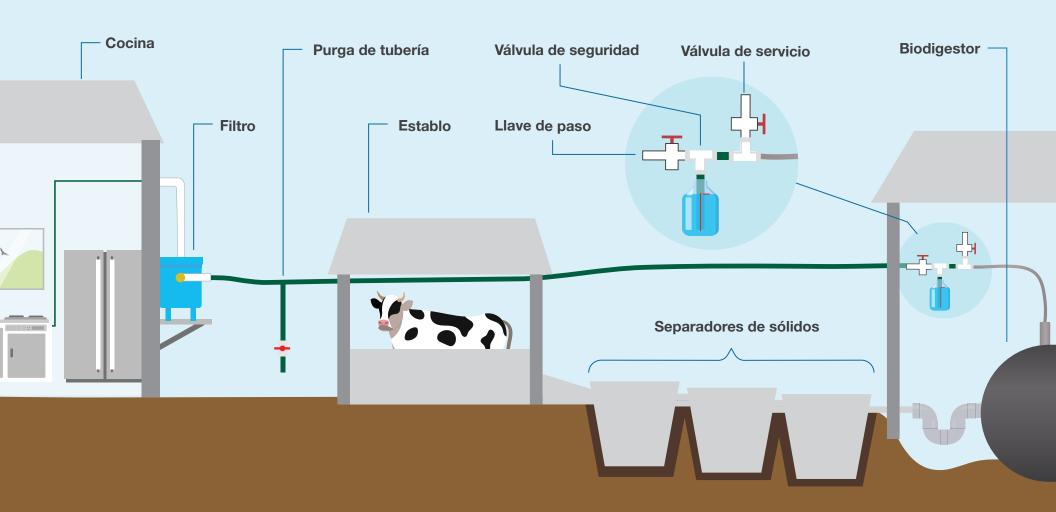






## 1.4 Integración del biogás y sus componentes

El biodigestor es un contenedor cerrado, sin oxígeno, en el cual la materia orgánica es consumida por microorganismos para producir un gas rico en metano (biogás) y un líquido fertilizante, nutritivo para los suelos, que es conocido como digestato.







## 1.5 ¿Cómo se alimenta mi biodigestor?

El biodigestor debe ser alimentado diariamente, con una relación adecuada de materia orgánica y agua:

#### Para estiércol animal:

3 L de agua por 1 L de estiércol porcino, bovino o de ave.

La materia orgánica debe ser separada adecuadamente en el separador de sólidos, para que no entren sólidos flotantes que saturen el biodigestor.





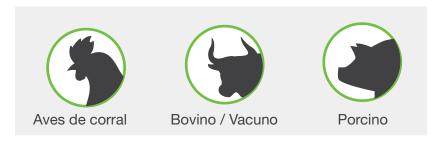


## 1.6 ¿Qué tipo de materia orgánica puedo usar?

Se recomienda alimentar el biodigestor diariamente.

#### **Desechos recomendados**

#### Estiércol animal:



#### Residuos de alimentos:



Advertencia: Los restos de comida o cultivos deben estar licuados y parcialmente descompuestos.

- 1. Evite agregar cítricos en exceso.
- 2. No introducir animales muertos porque pueden causar obstrucciones o atraer aves de rapiña que dañan la bolsa.
- 3. No agregar excrementos de animales que estén recién desparasitados, sino hasta 5 días después.

## **Desechos prohibidos**

#### Se prohíbe introducir los siguientes materiales







## 1.7 ¿Cómo puedo aprovechar la biomasa que genera mi biodigestor?



## Aprovechamiento de digestato

El digestato contiene nutrientes básicos para el crecimiento de las plantas, como lo son el nitrógeno, fósforo y potasio.

De ser posible es recomendable aplicar el digestato fresco, pues durante su almacenamiento se pierde nitrógeno en forma de amoniaco.



## Aprovechamiento de sólidos

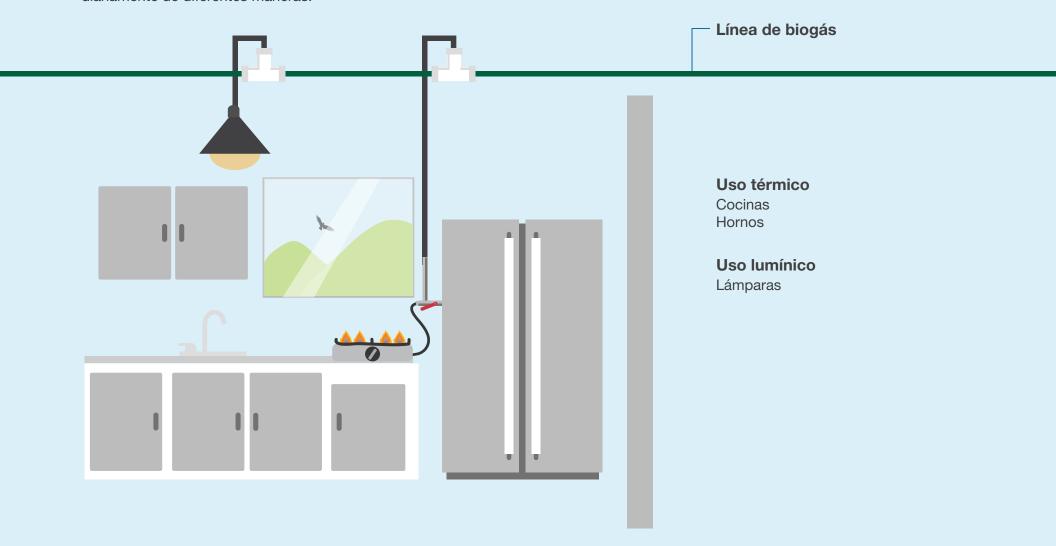
Los sólidos de la caja de separación son altamente nutritivos para los suelos, por ello se recomienda que los nutrientes sean aprovechados en las siembras del campo.

Para su utilización se recomienda utilizar un lecho de secado o usarlos en el lombricompost el cual permite obtener un buen volumen de abonos orgánicos.

## 1.8 ¿Cómo puedo aprovechar el biogás?

## Aprovechamiento de biogás en la cocina

El biogás producto de la descomposión de materia orgánica se puede aprovechar diariamente de diferentes maneras.



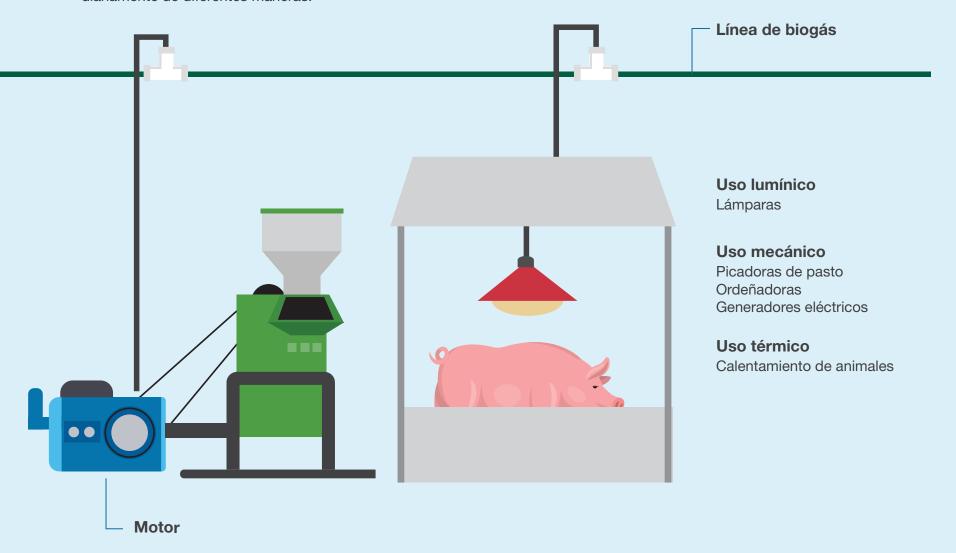




## 1.8 ¿Cómo puedo aprovechar el biogás?

## Aprovechamiento de biogás en la finca

El biogás producto de la descomposión de materia orgánica se puede aprovechar diariamente de diferentes maneras.





# Cuidados básicos para el buen funcionamiento de mi biodigestor

En este apartado podrá conocer cuáles son las recomendaciones para mejorar el funcionamiento del biodigestor, protegerlo de posibles daños y usar de una forma más adecuada el biogás.

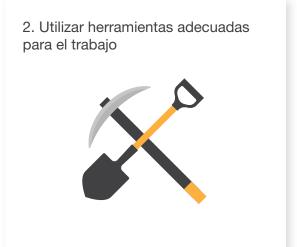
- 2.1 Medidas de seguridad
- 2.2 Instalación del separador de sólidos
- 2.3 Instalación de un filtro en la línea de biogás
- 2.4 Estructura de protección externa
- 2.5 Prevención de inundaciones





## 2.1 Medidas de seguridad







#### Posibles riesgos











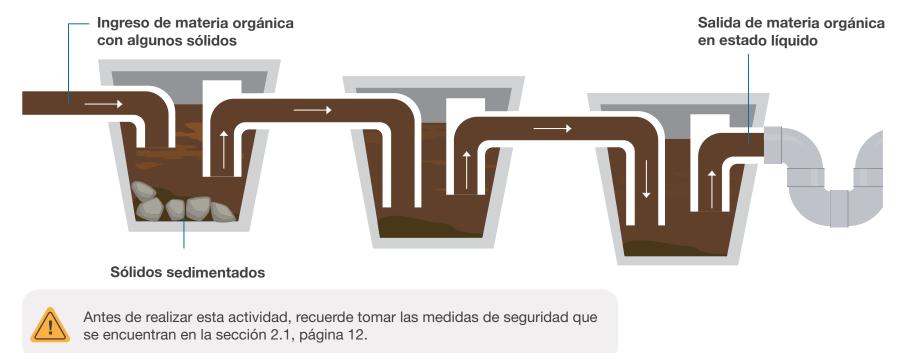
## 2.2 Instalación del separador de sólidos

La instalación de cajas de separación, previo a la entrada de la materia orgánica en el biodigestor, ayuda a eliminar objetos como piedras, grasas y otros materiales no deseados que pueden atascar la tubería, saturar de sólidos el biodigestor o romper la membrana.

Se pueden fabricar con estructuras de concreto o con tanques de PVC, como se muestra en las figuras. Idealmente instalar tres cajas de separación de sólidos.

La instalación debe contemplar que la tubería de entrada de una caja esté más arriba que la tubería de salida y en posición horizontal, para que, al ingresar materia a la caja, salga por el otro extremo. Se debe instalar una T en la salida de cada caja, ya que se realizará una separación por flotación y se requiere que los sólidos floten sobre la T instalada de manera que no entren al biodigestor.

Ver ubicación de la caja de separación de sólidos en la sección 1.3, página 4.





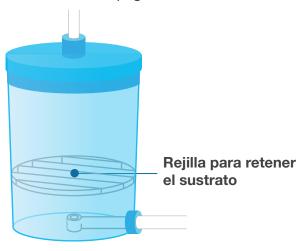


## 2.3 Instalación de un filtro en la línea de biogás

Es importante realizar la instalación de un filtro en la línea del biogás para remover el sulfuro de hidrógeno, y prevenir el deterioro de los equipos, como la obstrucción de cocinas por corrosión. Idealmente el recipiente que se instale debe tener dimensiones 1:3, es decir 3 veces más grande que el diámetro de la tubería para mejorar el flujo de biogás. Se puede usar el siguiente modelo sugerido. (Víquez, 2018)

El material filtrante se debe insertar tomando en cuenta las dimensiones aconsejadas y se pueden utilizar óxidos de hierro como una esponja metálica o carbón activado que se puede comprar en veterinarias, como materiales filtrantes. Recuerde que debe cambiar periódicamente el material filtrante, ya que este pierde la capacidad de filtrar sulfuro de hidrógeno con el paso del tiempo. Su proveedor de tecnología debe indicarle cuando deberá cambiar el material filtrante.

Ver ubicación en la sección 1.3, página 4.





Filtro Vacío

Filtro con material filtrante



Antes de realizar esta actividad, recuerde tomar las medidas de seguridad que se encuentran en la sección 2.1, página 12 y 3.7, página 28.





## 2.4 Estructura de protección externa

#### Recomendaciones:

- 1. Utilice plástico, sarán u otro material con el que se pueda cubrir totalmente la entrada al sistema para que no entren animales que lo puedan dañar como cerdos, vacas, aves, roedores, entre otros. También asegure que hay buen flujo de aire adentro.
- 2. Deje un espacio de al menos medio metro entre el biodigestor y el cercado, para evitar que el biodigestor sea golpeado por agentes externos.
- 3. Evite construir la fosa del biodigestor en lugares cercanos a arbustos o árboles, pues sus raíces al crecer podrían llegar a la pared de la fosa y romper el biodigestor.
- 4. Tapar las entradas de las tuberías al biodigestor con malla para evitar ingreso de animales como sapos.

#### Techado

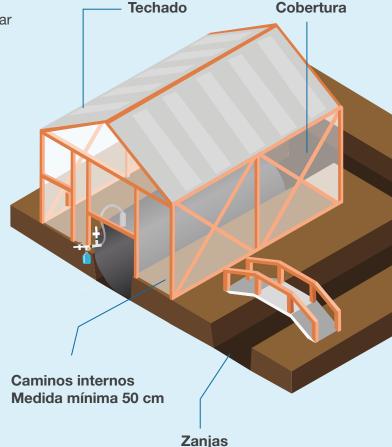
El techado del biodigestor será importante para protegerlo de la lluvia, la cual podría inundar la fosa, y también para protegerlo de los rayos del sol, que con el paso del tiempo puede dañar el plástico del biodigestor.

Para techar el biodigestor se debe poner un techo de un material más resistente, como madera, o acero (zinc) el cual le dará mayor vida útil.

#### Paredes

El ingreso de animales en biodigestores sin paredes es una de las principales causas de daño irreparable de estos sistemas.

En última instancia se puede utilizar plástico negro puesto sobre el cercado para la protección lateral.





Antes de realizar esta actividad, recuerde tomar las medidas de seguridad que se encuentran en la sección 2.1, página 12.





## 2.5 Prevención de inundaciones

Para prevenir la inundación del biodigestor se debe crear una zanja alrededor a su alrededor, con una pendiente para asegurar que el agua fluya.

#### Siga los pasos que se indican a continuación:



2. Cavar zanjas de 40 cm de ancho con 1 m de profundidad

1 m

40 cm

3. Las zanjas deben contar con una leve inclinación

Al llover el agua debe rodear la estructura que protege el biodigestor y no deberá entrar en la zanja donde se ubica la bolsa, para evitar dañar la estructura. Alrededor de la estructura que protege el biodigestor se deben cavar zanjas con un tamaño aproximado a 40 cm x 1 m.

La inclinación de la zanja permitirá que el agua de lluvia se pueda desplazar sin quedarse estancada.



Antes de realizar esta actividad, recuerde tomar las medidas de seguridad que se encuentran en la sección 2.1, página 12.



# Mantenimiento de mi biodigestor y sus accesorios

En este apartado podrá conocer cómo dar un adecuado mantenimiento a su biodigestor y a todos los accesorios que son parte del sistema. Es obligatorio contar con un expediente foliado en donde se registre detalles de operación y mantenimiento.

- 3.1 Programa de mantenimiento
- 3.2 Pasos previos antes de realizar cualquier mantenimiento
- 3.3 Reparación de agujeros en el biodigestor de PVC
- 3.4 Reparación de agujeros en el biodigestor de polietileno
- 3.5 Purga de lodos
- 3.6 La válvula de alivio
- 3.7 Mantenimiento de tuberías
- 3.8 Purga de agua de tuberías
- 3.9 Sustitución de equipo de biogás Cocina
- 3.10 Mantenimiento de la estructura de techos
- 3.11 Limpieza de alrededores
- 3.12 Control de actividades





## 3.1 Programa de mantenimiento

Tareas	Frecuencia	Descripción
Alimentar el biodigestor	Todos los días	Ver secciones 1.5 y 1.6 en las páginas 6 y 7.
Inspección visual de la válvula de alivio	Todos los días	Revise diariamente que el nivel del agua sea el adecuado. Ver sección 3.6 en la página 27.
Limpiar el separador de sólidos	2 veces por semana <sup>1</sup>	Iniciar con el que está más alto, quitar la tapa, extraer todo el líquido y sólido que contenga y tapar nuevamente. Llevar los líquidos a una planta de tratamiento o laguna de oxidación. Para el uso de los sólidos ver la sección 1.7 en la página 8.
Inspección de la integridad del biodigestor	Cada dos semanas	Visite el biodigestor y observe si tiene algún agujero o algún daño. En caso de requerir alguna reparación ver secciones 3.3 y 3.4 en las páginas 21 y 23.
Limpieza de alrededores	2 veces por semana	Ver sección 3.11 en la página 33.
Limpieza de quemadores de cocinas	Cada 3 - 6 meses	Ver sección 4.5 en la página 47.
Buscar fugas en la tubería	Cada 6 - 12 meses	Ver sección 4.3 en la página 42.





## 3.1 Programa de mantenimiento (continuación)

Tareas	Frecuencia	Descripción
Purgar el agua de las tuberías	Cada 6 meses <sup>2</sup>	Ver sección 3.8 en la página 29.
Inspección visual de techos y paredes	Cada 6 meses	Visite el biodigestor y observe techos y paredes en búsqueda de agujeros y elementos de soporte que
mopossion visual as teenes y pareass		estén en mal estado. Ver sección 3.10 en la página 31.
Purga de lodos	Una vez al año	En algunos casos no se requiere hacer purga. Ver sección 3.5 en la página 24.
Limpieza de zanjas para prevención de inundaciones	Una vez al año	Inspeccionar visualmente las zanjas, asegurarse que no hay obstáculos y que mantienen una leve inclinación que permita que el agua fluya. Ver sección 2.5 en la página 16.
Cambiar el material filtrante del filtro de sulfuro de hidrógeno	Consultar con el proveedor	Ver sección 2.3 en la página 14.

- 1. La acumulación de sólidos depende de la biomasa que se ingrese al sistema, por lo que el usuario debe valorar si realizar la limpieza con mayor o menor frecuencia.
- 2. La acumulación de agua en las tuberías depende mucho del uso del sistema y de los residuos que reciba el biodigestor, también del tamaño de biodigestor, la humedad, la temperatura del sitio y hasta la radiación solar. Por tanto, cada operador puede valorar si esta tarea se debe realizar de manera más frecuente, según la cantidad de agua que sale por la válvula de purga.

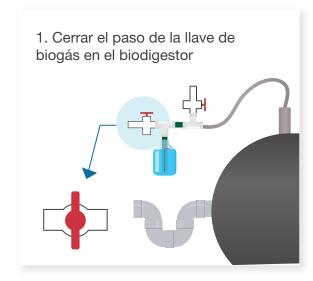




## 3.2 Pasos previos antes de realizar cualquier mantenimiento

Los trabajos o reparaciones como cortar la tubería, reemplazar válvulas y cambiar equipos pueden exponer al aire el biogás y esto afecta la salud de las personas. Por tanto, es necesario agotar el biogás que esté en las tuberías previamente.

#### Siga los pasos que se indican a continuación:



La llave de paso de gas del biodigestor debe de estar cerrada mientras se realizan las reparaciones.



Se debe mantener el equipo encendido hasta que se apague solo. Puede durar hasta una hora en apagarse.



Para asegurar que se acabó el biogás intente volver a encender la cocina. Si se enciende deje que se acabe el biogás y repítalo hasta que no encienda más.



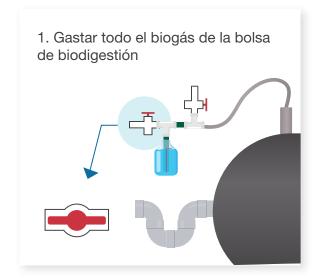


## 3.3 Reparación de agujeros en el biodigestor de PVC

## Reparación de agujeros en geomembrana

Este método de reparación es específicamente para biodigestores de PVC

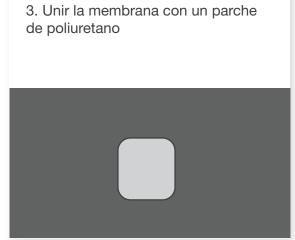
#### Siga los pasos que se indican a continuación:



Para realizar la reparación es necesario vaciar completamente el biogás del biodigestor porque el biogás, además de ser tóxico, puede hacer mezclas explosivas con el aire.



Una vez que el biodigestor se puede manipular, deberá lijar y lavar con jabón. Para finalizar limpie con acetona industrial.



Cubrir la región agujereada, con un parche de poliuretano, uniendo la membrana y parche con pegamento.



Antes de realizar esta actividad, recuerde tomar en cuenta lo indicado en las secciones 3.2 y 3.7, páginas 20 y 28.



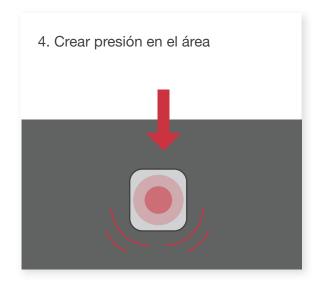


## 3.3 Reparación de agujeros en el biodigestor de PVC

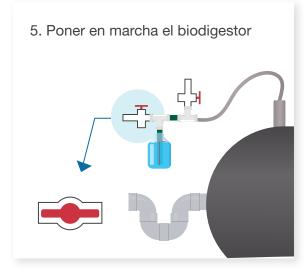
### Reparación de agujeros en geomembrana (continuación)

Este método de reparación es específicamente para biodigestores de PVC

#### Siga los pasos que se indican a continuación:



Crear presión durante el secado de la unión por 24 horas mediante prensas o tablas que haga presión en el área.



Realizar el módulo de puesta en marcha de biodigestores inoperantes. Ver la sección 4.6, página 48.



Si desea ver más detalles sobre la reparación de agujeros, puede consultar en youtube el video: "¿Cómo colocar un parche en un biodigestor de PVC?"

www.youtube.com/watch?v=\_Ts0kfhSIU4



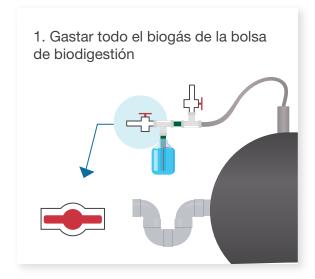


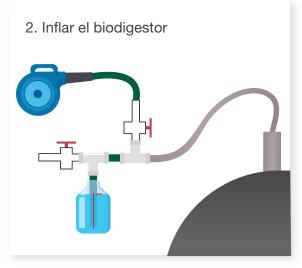
## 3.4 Reparación de agujeros en el biodigestor de polietileno

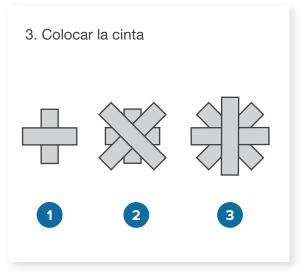
## Reparación de agujeros en bolsa de polietileno

Este método de reparación es específicamente para biodigestores de polietileno Es posible reparar agujeros de hasta 5 cm.

#### Siga los pasos que se indican a continuación:







Para realizar la reparación es necesario vaciar parcialmente o completamente el biodigestor para que sea más sencillo manipular el área agujereada.

Identificar el o los agujeros y determinar según el tamaño si tienen reparación.

Inflar la bolsa con ayuda de una sopladora o algún otro equipo adecuado, esto para poder trabajar sobre el agujero.

Advertencia: antes de inflar el biodigestor debe estar completamente vacío de biogás para evitar un accidente. Limpie y seque bien el área circundante al agujero que necesita reparar.

Coloque los segmentos de cinta para ducto sobre el agujero, en forma de cruz y asterísco como se muestra en la figura.



Antes de realizar esta actividad, recuerde tomar en cuenta lo indicado en las secciones 3.2 y 3.7, páginas 20 y 28.

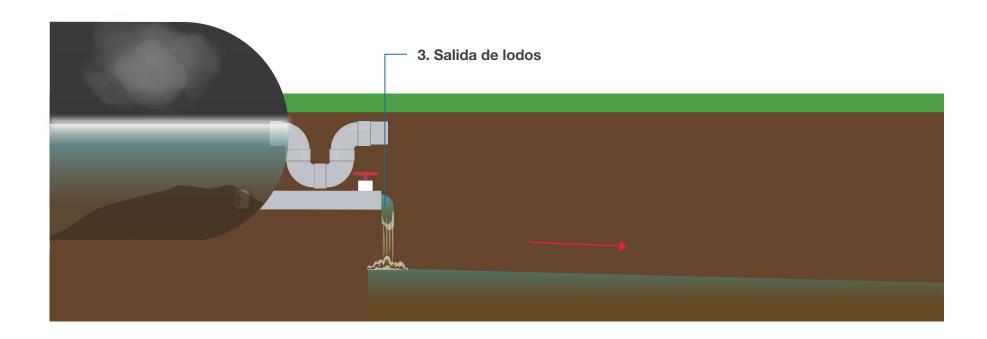




## 3.5 Purga de lodos

La purga de lodos se debe realizar anualmente o cuando ocurre una indigestión por exceso de sólidos (sección 4.4). La indigestión ocurre cuando los sólidos no se han separado de la materia orgánica, y estos se acumulan en el fondo del biodigestor y lo saturan hasta indigestarlo, momento en el que se afectará la producción de biogás.

Se recomienda contar con tres cajas de separación para evitar realizar la purga de lodos (ver sección 2.2), pues mientras más cajas se tengan instaladas menos materia sólida ingresará al biodigestor.





Antes de realizar esta actividad, recuerde tomar las medidas de seguridad que se encuentran en la sección 2.1, página 12.





## 3.5 Purga de lodos (continuación)

#### Purga de lodos manual

Para realizar una purga manual debe utilizar equipo de protección necesario para evitar tener accidentes, ver la sección 2.1.

#### Siga los pasos que se indican a continuación:

Almacenar el digestato que sale del biodigestor en un tanque o laguna



1. Cavar zanias de 40 cm de ancho

con 1 m de profundidad

Realizar una zanja para conducir los lodos hacia una zona lejana en la finca. Las zanjas deben contar con una leve inclinación que permitirá que la purga se pueda desplazar sin quedarse estancada y así dirigirse a una zona lejana.

3. Abrir la llave de la purga

Abrir la llave de la purga para que el lodo pueda salir del biodigestor.

Si la llave se encuentra enterrada, debe cavar con cuidado de no romper la tubería.

La llave de purga se debe cerrar cuando deje de salir un lodo espeso y empiece a salir digestato, que fluye fácilmente y es más líquido que los lodos.

Antes de hacer la purga de lodos, debe almacenar durante dos semanas el digestato que sale del biodigestor en un tanque o laguna.

Almacenar aproximadamente 3000 L, 15 estañones o 3 tanquetas de lodo.





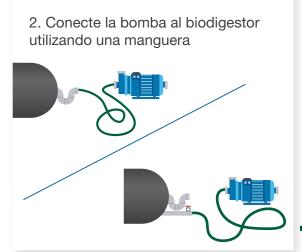
## 3.5 Purga de lodos (continuación)

### Purga de lodos con bomba

Otra opción que puede considerar es extraer los lodos líquidos con ayuda de una bomba, además de la bomba necesitará una manguera que llegue hasta la laguna de oxidación o bien un tanque para almacenar los lodos.

#### Siga los pasos que se indican a continuación:







Recuerde leer las instrucciones de la bomba especial para lodos de tanque séptico para garantizar que se utiliza correctamente y asegúrese que la conexión eléctrica sea segura. Conecte la bomba a la línea de purga, si no tiene, conecte a la salida del digestato e introduzca la manguera lo suficiente para que llegue hasta el fondo del tanque donde están los lodos. Recuerde despejar el área de animales y evitar los lodos que salen del tanque se acerquen a fuentes de agua.

La llave de purga se debe cerrar y la bomba se debe apagar cuando deje de salir un lodo espeso y empiece a salir digestato, que fluye fácilmente y es más líquido que los lodos

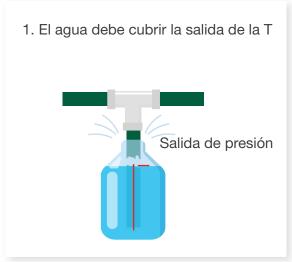




## 3.6 La válvula de alivio

La válvula de alivio funciona como regulador de la presión del biodigestor, si la presión excede la columna de agua, el gas es liberado por la válvula.

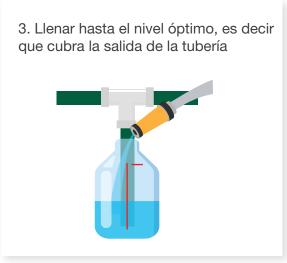
#### Siga los pasos que se indican a continuación:



Se debe revisar diariamente que el nivel de agua sea suficiente para que cubra la salida de la T.



En caso de que el nivel de agua llegue más bajo que la salida de la T, el biogás empezaría a escapar por este punto.



Si el nivel de agua está más bajo que la salida de la T, se deberá rellenar hasta que cubra de nuevo la salida de la T.



Antes de realizar esta actividad, recuerde tomar las medidas de seguridad que se encuentran en la sección 2.1, página 12.

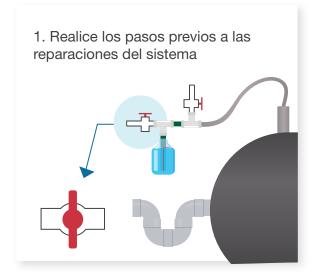




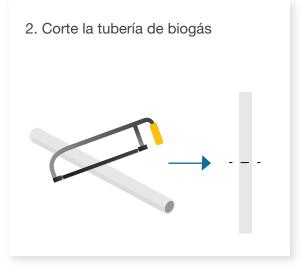
## 3.7 Mantenimiento de tuberías

Para evitar accidentes como intoxicaciones se debe realizar el mantenimiento de tuberías que cuenten con fugas de biogás.

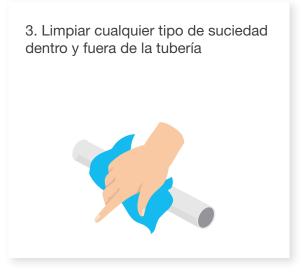
#### Siga los pasos que se indican a continuación:



Recuerde realizar los pasos previos detallados en la sección 3.2.



Para realizar las instalaciones de componentes, se debe cortar el tuvo pvc con ayuda de una cegueta u otra herramienta de corte.



Una vez hecho el corte deberá limpiar el tubo con jabón y algún solvente orgánico, como alcohol tanto por dentro como por afuera del tubo.



Antes de realizar esta actividad, recuerde tomar en cuenta lo indicado en las secciones 3.2, página 20.

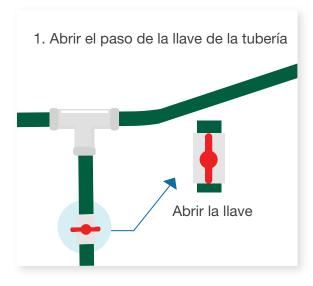




### 3.8 Purga de agua de tuberías

Con el tiempo se puede producir una acumulación de agua en la tubería de biogás que debe ser purgada periódicamente (ver el programa de mantenimiento en la pág. 18) para evitar que bloquee el paso de la tubería de biogás. La tubería para la purga del agua debe ser colocada en el punto más bajo de la línea de manera que el agua se acumule ahí.

#### Siga los pasos que se indican a continuación:

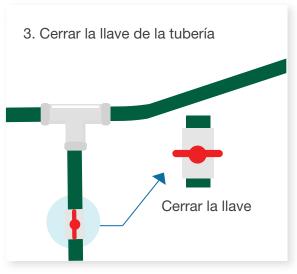


Abrir la llave de purga y liberar el agua condensada presente. Recuerde que no debe haber biogás en la

Recuerde que no debe haber biogás en la línea al realizar la purga de la tubería.



Mantener la llave de la tubería abierta hasta que salga toda el agua atrapada en la tubería de biogás.



Cerrar la llave de la tubería y reestablecer el flujo de biogás abriendo la llave que se encuentra en el biodigestor.



Antes de realizar esta actividad, recuerde tomar en cuenta lo indicado en las secciones 3.2 y 3.7, páginas 20 y 28.

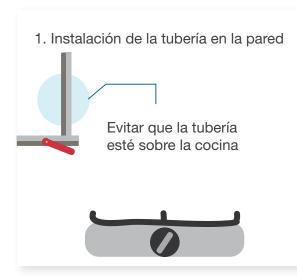




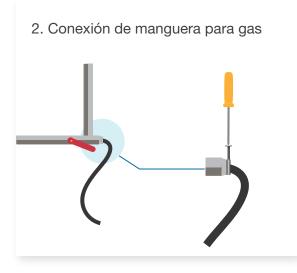
### 3.9 Sustitución de equipo de biogás - Cocina

Asegúrese de que el diámetro de la tubería y acoples sea igual o mayor a 1/2 pugada, de lo contrario se restringe el paso de biogás.

#### Siga los pasos que se indican a continuación:



Para evitar accidentes, debe evitar que la tubería de la línea de biogás se ubique sobre la cocina.



Preferiblemente la manguera para gas debe tener una medida de media pulgada de diámetro. La manguera se conecta a los conectores hembras a ambos lados y se cierra con gaza sin fin, apretando muy fuerte con destornillador plano.



Puede fabricar su propia cocina, pero debe contar con el asesoramiento de personal calificado.

Si su cocina no está especificada para biogás, debe realizar modificaciones y consulte con su proveedor.



Las piezas deben ser de hierro galvanizado, otros metales se pueden corroer y generar fugas de biogás. El PVC cerca de la cocina se puede fundir.





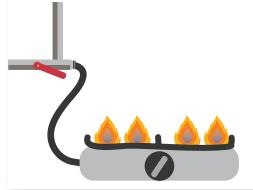
#### 3.10 Mantenimiento de la estructura de techos

Todo biodigestor debe estar bajo techo para evitar que el sol degrade el plástico con el paso del tiempo. No se debe arriesgar a que el biodigestor sufra un daño teniendo una estructura de techo en riesgo de colapso. El reemplazo de la estructura de techos se debe realizar cuando la estructura que protege al biodigestor sufre daños o deterioros.

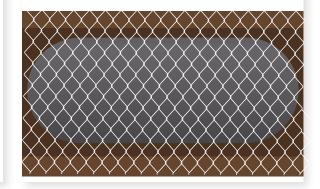
#### Siga los pasos que se indican a continuación:



2. Gaste todo el biogás del biodigestor y de la tubería



3. Coloque una red sobre el biodigestor para protegerlo



Para evitar accidentes, debe evitar que la tubería de la línea de biogás se ubique sobre la cocina. Gaste con anticipación todo el biogás del biodigestor y de la tubería de biogás.

Como se explica en la sección 3.2, pero en este caso abra la llave de paso del biodigestor, para agotar todo el biogás de la bolsa y no solo el de las tuberías.

Evite que el biodigestor sea dañado por la caída de alguna herramienta.

Para ello se recomienda colocar una malla que cubra la bolsa del biodigestor.



Antes de realizar esta actividad, recuerde tomar las medidas de seguridad que se encuentran en la sección 2.1, página 12.





#### 3.10 Mantenimiento de la estructura de techos (continuación)

Todo biodigestor debe estar bajo techo para evitar que el sol degrade el plástico con el paso del tiempo. No se debe arriesgar a que el biodigestor sufra un daño teniendo una estructura de techo en riesgo de colapso. El reemplazo de la estructura de techos se debe realizar cuando la estructura que protege al biodigestor sufre daños o deterioros.

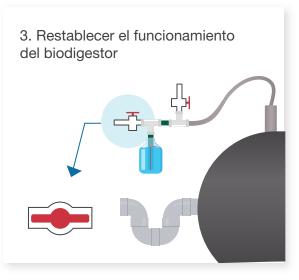
#### Siga los pasos que se indican a continuación:



Limpie y revise que en el área de trabajo no queden herramientas que pueda causar accidentes o dañar al biodigestor.



Retire la red con cuidado de no dañar el biodigestor, las válvulas, la línea de gas o la estructura de techo y paredes.



Reestablezca el funcionamiento del biodigestor abriendo la llave.

Verifique que todas las válvulas de la línea de gas estén cerradas y reestablezca el funcionamiento del biodigestor abriendo la llave de paso principal.





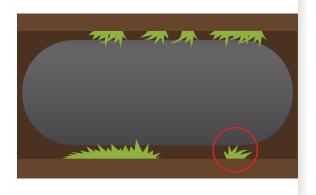
### 3.11 Limpieza de alrededores

Se recomienda realizar una limpieza de alrededores periódicamente para mantener la zona del biodigestor despejada y así evitar accidentes.

#### Siga los pasos que se indican a continuación:



2. Retirar raices que puedan dañar la estructura de la zanja del biodigestor



3. Evite utilizar moto guadañas o herbicidas cerca del biodigestor



Recuerde prepararse con el equipo de trabajo adecuado y al finalizar retire las herramientas. No debe guardar químicos o herramientas punzocortantes cerca del biodigestor, ya que podría causar accidentes o matar microorganismos.

Si las plantas que crecen a los lados no impiden el paso del biodigestor pueden conservarse, ya que contribuyen a evitar el desbarrancamiento de las paredes.

Pero si son árboles, sus raíces puedan dañar el biodigestor y deben ser retirados.

No se recomienda usar moto guadañas o cortadoras de zacate mecánicas, ni herbicidas porque pueden dañar la membrana del biodigestor.



Antes de realizar esta actividad, recuerde tomar las medidas de seguridad que se encuentran en la sección 2.1, página 12.





**Actividad** 

#### 3.12 Control de actividades de mantenimiento

# Limpieza de alrededores Limpieza de quemadores de cocina Buscar fugas en la tubería Purgar el agua de las tuberías Inspección visual de techos y paredes Purga de lodos Limpieza de zanjas para prevención de inundaciones Cambiar el material filtrante

Fechas en que se realizó



Se recomienda sacar una fotocopia de esta página para realizar los apuntes de las fechas en que se realizan las actividades de mantenimiento.



# Solución de problemas

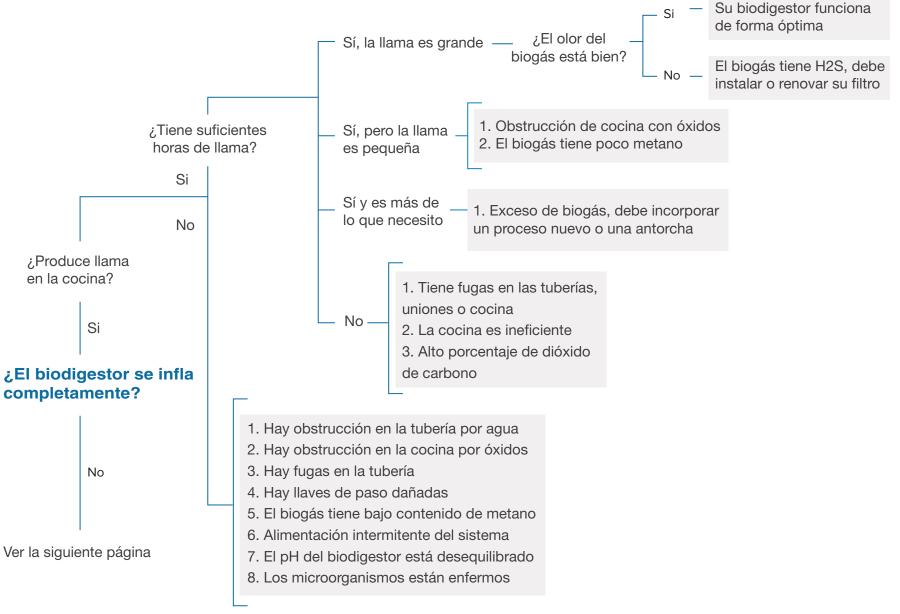
Conozca la solución a los problemas que presenta su biodigestor siguiendo los pasos sugeridos de acuerdo con el problema presentado.

- 4.1 Mapa de solución de problemas
- 4.2 Solución a problemas frecuentes
- 4.3 Detección de fugas
- 4.4 Indigestión por exceso de sólidos
- 4.5 Eliminación de obstrucción de cocinas
- 4.6 Puesta en marcha de biodigestor inoperante





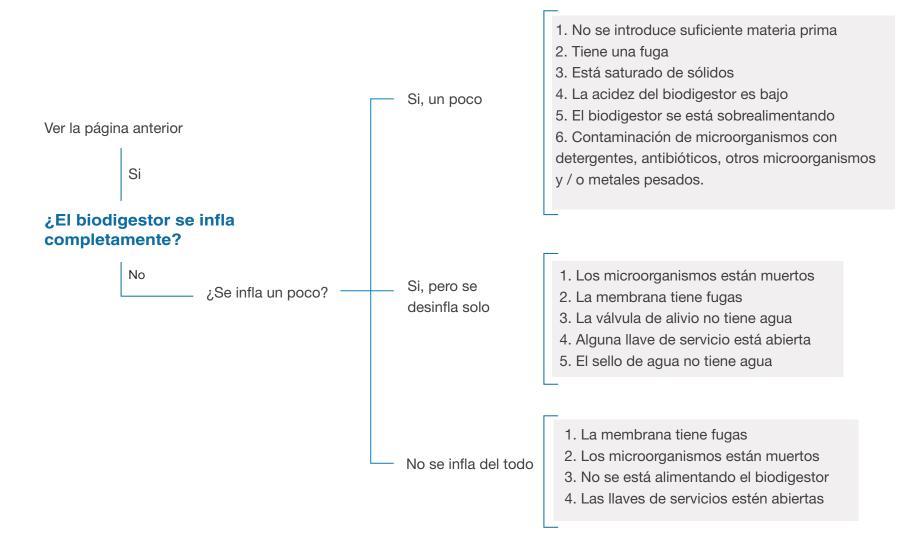
### 4.1 Mapa de solución de problemas







### 4.1 Mapa de solución de problemas (continuación)







### 4.2 Solución a problemas frecuentes

En el siguiente apartado se dará a conocer cómo solucionar los problemas más frecuentes descritos a continuación:

- Poca producción de biogás
- No llega suficiente biogás al quemador
- El biodigestor produce digestato en exceso
- Producción excesiva de biogás
- La producción de biogás se detuvo
- La producción de biogás no es inflamable
- Ingreso de materia no orgánica al biodigestor



Antes de realizar esta actividad, recuerde tomar las medidas de seguridad que se encuentran en la sección 2.1, página 12.





# 4.2 Solución a problemas frecuentes (1 de 3)

Problemas	Posibles causas	Soluciones
El biodigestor no se infla completamente (Poca producción de biogás)	No se alimenta suficiente el biodigestor	Alimentar más el biodigestor.
	El pH del biodigestor bajó a 6 o menos	Verificar el pH. Si no se han recuperado los valores normales, neutralizar con carbonato de sodio u otro estabilizador.
	Sobre alimentación del biodigestor	Suspender la alimentación del biodigestor por una semana.
	Inserción de detergentes, metales pesados o antibióticos	<ol> <li>No alimentar el biodigestor con excrementos de animales vacunados.</li> <li>En caso de que no se reanude la producción de biogás, debe vaciar el biodigestor y seguir la sección de puesta en marcha del sistema.</li> </ol>
	Indigestión con sólidos	Debe hacer purga de lodos según la sección 3.5.





# 4.2 Solución a problemas frecuentes (2 de 3)

Problemas	Posibles causas	Soluciones
La llama es pequeña	Obstrucción sólida del quemador	Desinstalar la cocina y eliminar la obstrucción sólida con jugo de limón y remoción manual siguiendo las instrucciones de sección 4.5.
El biodigestor se desinfla solo (Fugas)	Hay fugas de biogás	Revisión de la integridad de la bolsa y de las tuberías. Revisar causa de fugas según las secciones 3.3, 3.4 y 3.7.
El biogás se gasta muy rápido	Hay fugas de biogás	Revisión de la integridad de la bolsa y de las tuberías. Colocar parches según las secciones 3.3 y 3.4.
	Alimentación intermitente del sistema (Bajo contenido de metano)	Deje de alimentar el biodigestor por 2 o 3 días. Si el pH no se ha recuperado, agregar cal o carbonato de sodio. Si no se recupera debe vaciar el biodigestor e iniciar una nueva puesta en marcha.  Evite alimentar de forma intermitente.
	La combustión de la cocina es ineficiente	Debe modificar la cocina o cambiarla, consulte a su proveedor de tecnología.





# 4.2 Solución a problemas frecuentes (3 de 3)

Problemas	Posibles causas	Soluciones
Producción excesiva de biogás	Insuficiente uso del biogás Operación adecuada del sistema	Incorporar una antorcha o si no cuenta con una, debe gastarlo en un quemador. Reducir la alimentación del biodigestor.
Hay producción de biogás pero no es inflamable (Bajo contenido de metano)	Alimentación intermitente del sistema	Deje de alimentar el biodigestor por 2 o 3 días. Si el pH no se ha recuperado, agregar cal o carbonato de sodio.  Si no se recupera debe vaciar el biodigestor e iniciar una nueva puesta en marcha.  Evite alimentar de forma intermitente.
Accidentalmente ingresó materia no orgánica al biodigestor	Descuido o accidente	Piezas metálicas o piedras son de menor preocupación. Evitar la inserción de productos de cuidado personal ya que se pueden producir obstrucciones sólidas en los quemadores.
Existen malos olores en el biogás (Gas con sulfuro de hidrógeno)	Insuficiente o incorrecta eliminación de sulfuro de hidrógeno del biogás	Es recomendable instalar una o dos estaciones de filtración de sulfuro de hidrógeno de acuerdo con la sección 2.3.





### 4.3 Detección de fugas

El deterioro y rupturas de las tuberías plásticas y metálicas que transportan el biogás pueden generar fugas, que deben ser reparadas para evitar accidentes. Las fugas también se pueden presentar en las uniones que no están bien selladas.

Es posible encontrar fugas mediante los siguientes métodos:

- Detección de fugas con equipo detector
- Detección de fugas con solución jabonosa
- Detección de fugas con sonido



La fuga de biogás puede generar intoxicaciones e incluso la muerte, por eso se deben realizar inspecciones periódicas.





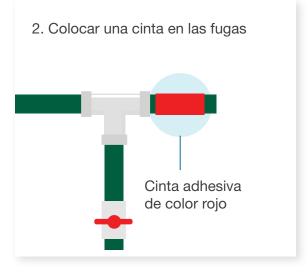
### 4.3 Detección de fugas (continuación)

Antes de realizar la detección de fugas, siga las instrucciones del fabricante del detector de fugas que se encuentre utilizando. Exponga el detector de fugas a la salida del biogás con el quemador apagado; para asegurarse de que funciona correctamente.

#### Siga los pasos que se indican a continuación:



Revisar muy lentamente la línea de biogás, sobretodo sitios estrechos, en uniones y en las esquinas de los equipos, pues ahí hay más riesgo de corrosión.



Colocar una cinta adhesiva para marcar los lugares donde se encontraron fugas.



Informar sobre las fugas encontradas y reparaciones que deben realizarse.

Al terminar retire las baterías del detector de fugas y guarde el equipo.

Para hacer las reparaciones de la tubería ver la sección 3.2 y 3.7.





### 4.3 Detección de fugas (continuación)

#### Detección con solución jabonosa

Si no cuenta con un equipo para realizar la detección de fugas, puede realizarla utilizando una solución jabonosa. Se puede mejorar la detección inyectando aire a presión por la válvula de servicio. Ver sección 1.4 para ubicar la válvula de servicio.

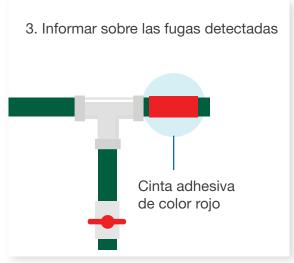
#### Siga los pasos que se indican a continuación:



La llave de paso de gas del biodigestor debe de estar cerrada mientras se realizan las reparaciones.



Se debe mantener el equipo encendido hasta que se apague solo. Puede durar hasta una hora en apagarse.



Colocar una cinta adhesiva para marcar los lugares donde se encontraron fugas.

Informar sobre las fugas encontradas y reparaciones que deben realizarse.

Al terminar retire las baterías del detector de fugas y guarde el equipo.

Para hacer las reparaciones de la tubería ver la sección 3.2 y 3.7.



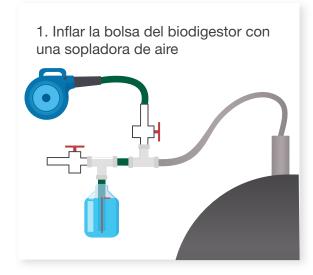


### 4.3 Detección de fugas (continuación)

#### Detección con sonido

Si no cuenta con un equipo para realizar la detección de fugas, puede realizarla por medio de sonido.

#### Siga los pasos que se indican a continuación:







Inicialmente debe vaciar por completo el biodigestor para que esté libre de metano, que puede ser explosivo, luego debe inflar el biodigestor con equipo como una sopladora de aire, hasta que comience a salir el efluente por la presión generada.

Apague la sopladora e inmediatamente camine alrededor del sistema intentando no hacer ruido, para detectar la fuga por dónde está saliendo el aire.

Este procedimiento se puede realizar en forma conjunta con la solución jabonosa. Repita el proceso hasta detectar todas las fugas presentes.

Para hacer las reparaciones de la tubería ver la sección 3.2 y 3.7.



Antes de realizar la inyección de aire, no debe haber biogás en la tubería ni en el biodigestor, debido a que puede provocar una explosión.



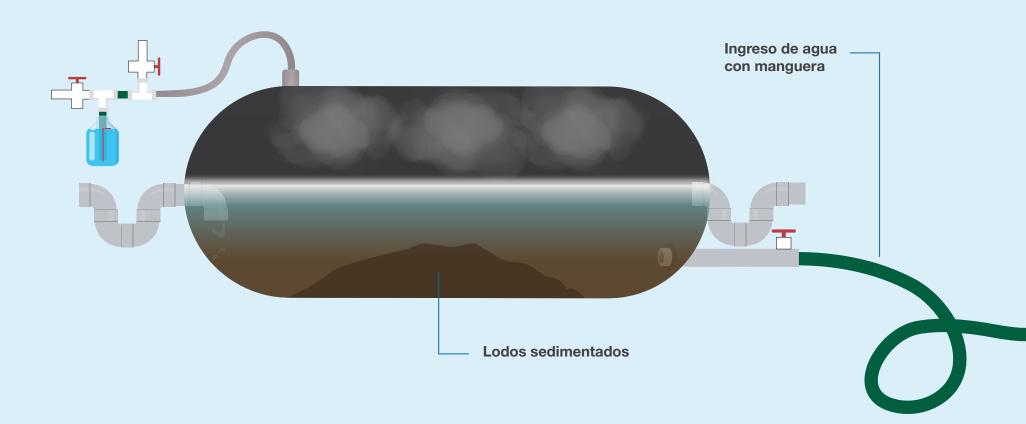


### 4.4 Indigestión por exceso de sólidos

Si los lodos no se han purgado en un tiempo prolongado, mayor a 12 meses, o si el biodigestor opera con animales que comen materiales sedimentables o flotantes, puede haber una acumulación de materiales sólidos.

Para desatascar siga los pasos de purga de lodos según la sección 3.5. y repita simultáneamente aplicando presión sobre la bolsa del biodigestor y agitándolo, hasta que los lodos salgan sin dificultad.

Repetir el proceso semanalmente, al menos durante un mes, hasta eliminar el exceso de material sedimentado.







#### 4.5 Eliminación de obstrucción de cocinas

Existen varios modelos de cocina, pueden ser fabricadas con quemadores de hierro fundido, adaptaciones de cocinas de leña o de gas, o bien una tubería galvanizada con aquieros, la cual es más recomendada por tener un deterioro más lento.

#### Siga los pasos que se indican a continuación:







Para eliminar óxidos, de ser posible, se debe retirar el quemador utilizando una llave ajustable (llave de perro). En caso contrario, limpiar con un paño los exteriores del quemador únicamente. Para eliminar los óxidos formados vuelque el quemador y golpéelo suavemente. En caso de existir una obstrucción más grande deberá preparar una mezcla de vinagre de banano, jugo de limón u otro cítrico, y sumergir el quemador dentro de esta por 24 h, y luego enjuagarlo.

Una vez que el interior del quemador no tenga residuos de óxido se debe proteger con aceite, si este es de hierro fundido.



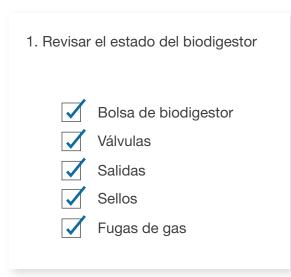


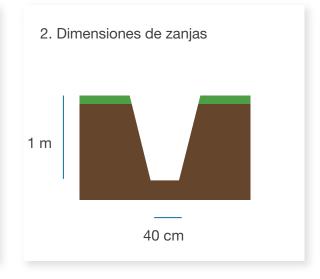
### 4.6 Puesta en marcha de biodigestor inoperante

Se dice que un biodigestor es inoperante cuando:

El biodigestor se instala por primera vez o el biodigestor no produce biogás. Para poner en marcha un biodigestor inoperante se debe revisar la integridad del sistema y si no produce biogás, debe aumentar la colonia bacteriana.

#### Realice las verificaciones a continuación:







Asegúrese de que cada parte que compone el sistema de biodigestión funcione de manera satisfactoria.

Si el sistema cuenta con un problema, deberá hacer el mantenimiento necesario. Realice el mantenimiento de las zanjas para garantizar que sean suficientemente amplias para el drenaje de lodos. El biodigestor debe de estar acomodado de manera que no se generen pliegues o deformaciones en la membrana.

Procurar que las tuberías estén colocadas de manera horizontal.



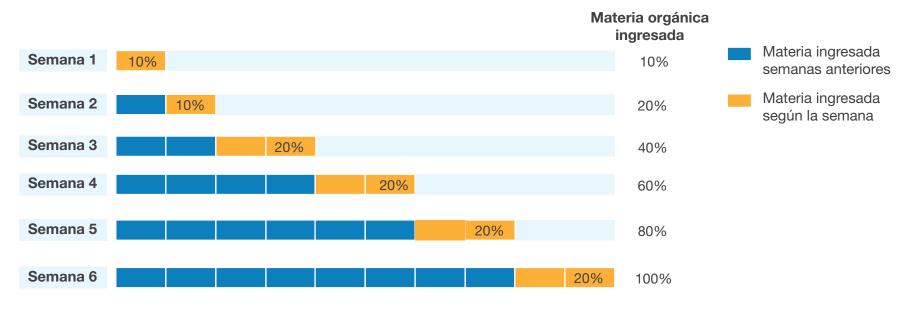


### 4.6 Puesta en marcha de biodigestor inoperante (continuación)

La inoculación consiste en un crecimiento de colonias de bacterias que son necesarias para la producción de biogás.

Para lograr la inoculación se requiere agregar al biodigestor materia orgánica (lodo) que contenga comunidades de microorganismos anaerobios. Es recomendable utilizar el lodo de otro biodigestor o también es posible utilizar estiércol de vaca y cerdo, pero el proceso de inoculación será más lento.

Una vez que se haya terminado de incluir lodos de otro biodigestor se debe empezar a incluir de forma gradual pequeñas cantidades de la materia orgánica con la que se trabajará, e ir aumentando progresivamente la cantidad hasta que se llegue a la cantidad con la que se trabajará diariamente.





En esta etapa NO se debe agregar melaza o microorganismos de montaña (MM), pues estos impedirían que el biodigestor empiece a producir biogás.





#### Referencias

Quino, F., Morales, V, Espejo, O., Martí, J (2016). Sistema BioNati. Manual de operación y mantenimiento Zona Andina [archivo pdf].

https://www.beegroup-cimne.com/sistema-bio-nati-manual-de-operacion-y-mantenimiento-en-zona-andina

Varnero, MT (2011). Manual de Biogás [archivo pdf]. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO por sus siglas en inglés). http://www.fao.org/3/as400s/as400s.pdf

Desconocido (2019). Manual de uso del biodigestor [archivo pdf]. Academia de las Renovables. https://www.santafe.gob.ar/ms/academia/wp-content/uploads/sites/27/2019/09/Manual-de-uso-de-biodigestores-1000l.pdf

Víquez, J (2018) ¿Como diseñar un filtro para biogás? La remoción de H2S con óxido de hierro. Red Latinoamericana de Biodigestores, Revista Red Biolac, (2), 59-61

Al Seadi, T., Rutz, D., Prassl, H., Köttner, M., Finsterwalder, T., Volk, S., Janssen, R. (2008) Biogás HANDBOOK. University of Southern Denmark Esbjerg. http://lemvigbiogas.com/

Retana, A., (9 de agosto del 2021) Ergomix. El Biodigestor: ¿Cómo darle mantenimiento?. https://www.engormix.com/ganaderia-carne/articulos/biodigestor-como-darle-mantenimiento-t26652.htm

665.776 M292m

Mantenimiento y operación de biodigestores agropecuarios: guía práctica para el pequeño productor / Claudia Chaves-Villarreal, Jean Carlo Guerrero-Piña, Esteban Acosta-Pereira, Joaquín Víquez, Herberth Villalobos-Soto, Luis Carazo-Badilla, Marco Chaves-Flores, Adrián Sandí-Campos, Gustavo Richmond-Navarro, Raúl Botero-Botero, Gerardo Umaña-Rojas, Carolina Hernández-Chanto; editores literarios Mayela Navarro-Picado, Kristina Rojas-Sossa; diseñadora Evelyn Rodríguez-Arias; compiladores Biogás para todos, Asociación Costarricense de Biogás-Costa Rica; prologuista Willington Ortiz-Orozco. -- 1 edición. -- Cartago, Costa Rica: Editorial Tecnológica de Costa Rica, 2021. 56 páginas: il. col., diagr., gráf.

Referencias bibliográficas ISBN: 978-9930-541-96-8

1. Biodigestores - Mantenimiento - Equipo y accesorios 2. Biogás - Tecnología 3. Aprovechamiento de residuos 4. Energía biomásica 5. Guías I. Chaves-Villarreal, Claudia II. Guerrero-Piña, Jean Carlo, III. Acosta-Pereira, Esteban IV. Víquez, Joaquín V. Villalobos-Soto, Herberth VI. Carazo-Badilla, Luis VII. Chaves-Flores, Marco VIII. Sandí-Campos, Adrián IX. Richmond-Navarro, Gustavo X. Botero-Botero, Raúl XI. Umaña-Rojas, Gerardo XII. Hernández-Chanto, Carolina XIII. Navarro-Picado, Mayela, edit. lit. XIV. Rojas- Sossa, Kristina, edit. lit. XV. Rodríguez- Arias, Evelyn, dis. XVI. Biogás para todos, comp. XVII. Asociación Costarricense de Biogás-Costa Rica, comp. XVIII. Ortiz-Orozco, Willington, pr. XIX. Título.

