



MÁSTER EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES

TRABAJO FIN DE MÁSTER

DISEÑO DE UN SISTEMA DE OBTENCIÓN DE BIOGÁS A TRAVÉS DE RESIDUOS ORGÁNICOS DE ANIMALES Y/O ALMACENAMIENTO Y DISPONIBILIDAD DEL GAS PARA CONSUMO EN COCINAS DE COLEGIOS Y HOSPITLES EN PAÍSES DEL ÁFRICA SUBSAHARIANA

Autor: Celia Martínez Rivera

Director: Carlos Sanz Jimeno

Co-Director: Ramón Gavela y Miguel Soriano

Madrid, 2022

Declaro, bajo mi responsabilidad, que el Proyecto presentado con el título:
Diseño de un sistema de obtención de biogás a través de residuos orgánicos de animales
y/o almacenamiento y disponibilidad del gas para consumo en cocinas de colegios y
hospitales en países del África Subsahariana

en la ETS de Ingeniería - ICAI de la Universidad Pontificia Comillas en el
curso académico 2021/2022 es de mi autoría, original e inédito y

no ha sido presentado con anterioridad a otros efectos.

El Proyecto no es plagio de otro, ni total ni parcialmente y la información que ha sido
tomada de otros documentos está debidamente referenciada.



Fdo.: Celia Martínez Rivera

Fecha: 14/07/2022

Autorizada la entrega del proyecto

EL DIRECTOR DEL PROYECTO

DocuSigned by:

E54A601881C44D4...

Fdo.: Carlos Sanz Jimeno

Fecha: 14/ 07/ 2022



COMILLAS

UNIVERSIDAD PONTIFICIA

ICAI

GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES

TRABAJO FIN DE MÁSTER

DISEÑO DE UN SISTEMA DE OBTENCIÓN DE BIOGÁS A TRAVÉS DE RESIDUOS ORGÁNICOS DE ANIMALES Y/O ALMACENAMIENTO Y DISPONIBILIDAD DEL GAS PARA CONSUMO EN COCINAS DE COLEGIOS Y HOSPITLES EN PAÍSES DEL ÁFRICA SUBSAHARIANA

Autor: Celia Martínez Rivera

Director: Carlos Sanz Jimeno

Co-Director: Ramón Gavela y Miguel Soriano

Madrid, 2022

DISEÑO DE UN SISTEMA DE OBTENCIÓN DE BIOGÁS A TRAVÉS DE RESIDUOS ORGÁNICOS DE ANIMALES Y/O ALMACENAMIENTO Y DISPONIBILIDAD DEL GAS PARA CONSUMO EN COCINAS DE COLEGIOS Y HOSPITLES EN PAÍSES DEL ÁFRICA SUBSAHARIANA

Autor: Martínez Rivera, Celia.

Director: Sanz Jimeno, Carlos.

Entidad Colaboradora: Manos Unidas (MMUU).

RESUMEN DEL PROYECTO

El objetivo de este proyecto es hacer una ingeniería con propósito y llegar a impactar al mayor número de personas. Se atenderá la necesidad de abastecer con gas a zonas del mundo subdesarrolladas donde no tienen acceso directo. Se enfocará en el suministro de gas para cocinas de colegios y hospitales de diversas regiones, de cara a proporcionar un plato caliente a un número considerable de personas, niños y enfermos.

En un futuro se podría contemplar la posibilidad de utilizar esta técnica para agua caliente y calefacción donde su empleo fuera adecuado. El proyecto se enfocará inicialmente en colegios y hospitales, por lo que a lo largo del proyecto se hará referencia a escuelas y centros sanitarios. Adicionalmente, en la fase de iniciación del proyecto, se detectó una posible necesidad del cliente (MMUU) en dar solución a pequeños poblados, es por ello que también se darán indicaciones para este caso de uso.

Este gas renovable es conocido como “biogás” y se obtiene mediante una reacción anaeróbica en ausencia de oxígeno a partir de residuos orgánicos. En principio los residuos para generar este gas son agropecuarios; sin embargo, se analizará la posibilidad de utilizar excretas humanas. A pesar de que su capacidad de generar biogás no es muy alta, se pueden aprovechar en este tipo de lugares ya que en una escuela o centro sanitario son de fácil acceso.

En principio el proyecto se iba a realizar en un país del África Subsahariana; sin embargo, se ha ampliado el alcance a países en desarrollo de Latam, Asia y África en general, estando alineado a las zonas de operación del cliente (MMUU). Ya que la producción del biogás depende directamente de la temperatura, de los recursos que se dispongan y en consecuencia de los tiempos de retención, se ha parametrizado una herramienta donde el usuario podrá saber si es viable llevar el proyecto a cabo en una región, dimensionar la solución necesaria en función de los recursos disponibles y las necesidades locales, así como ejecutarla.

Además de esto, cuando se pase a la fase de dimensionamiento y cálculos de la planta, se tendrá en cuenta el mantenimiento y operatividad a largo plazo de la planta. Para ello se proporcionará la documentación necesaria para que la persona local encargada, pueda explotar la planta de la manera más sencilla posible, sin que la operatividad suponga una barrera de uso con el paso del tiempo.

Palabras clave: Biogás, ingeniería, propósito, repercusión, residuos, renovables.

1. Introducción

La energía es un bien necesario para el desarrollo de cualquier comunidad. Sin embargo, en algunos casos la obtención de esta energía no es siempre tan sencilla y si lo es, el uso de esta puede generar un grado considerable de contaminación.

Por otro lado, uno de los principales problemas de hoy en día es el exceso de residuos tanto sólidos, líquidos o gaseosos procedentes de la agricultura, ganadería, aguas residuales o incluso de restos alimenticios.

Estos residuos pueden llegar a causar daños en la sociedad, tanto su presencia como la posterior descomposición de estos. Para evitar los efectos perjudiciales y un desaprovechamiento, se busca hacer uso de estos residuos para producir energía, consiguiendo así lidiar con los dos problemas que son la contaminación y el abastecimiento en zonas remotas.

La biomasa tiene distintas calificaciones; sin embargo, de la que se va a hablar en este proyecto es el biogás. Este combustible se obtiene mediante las reacciones de biodegradación de la materia orgánica en ausencia de oxígeno, conocido como reacción anaeróbica, gracias a la acción de microorganismos. Con esta reacción se consigue una mezcla de metano de una proporción de 50-70% en volumen que posteriormente puede ser utilizado para producir gas o energía eléctrica.

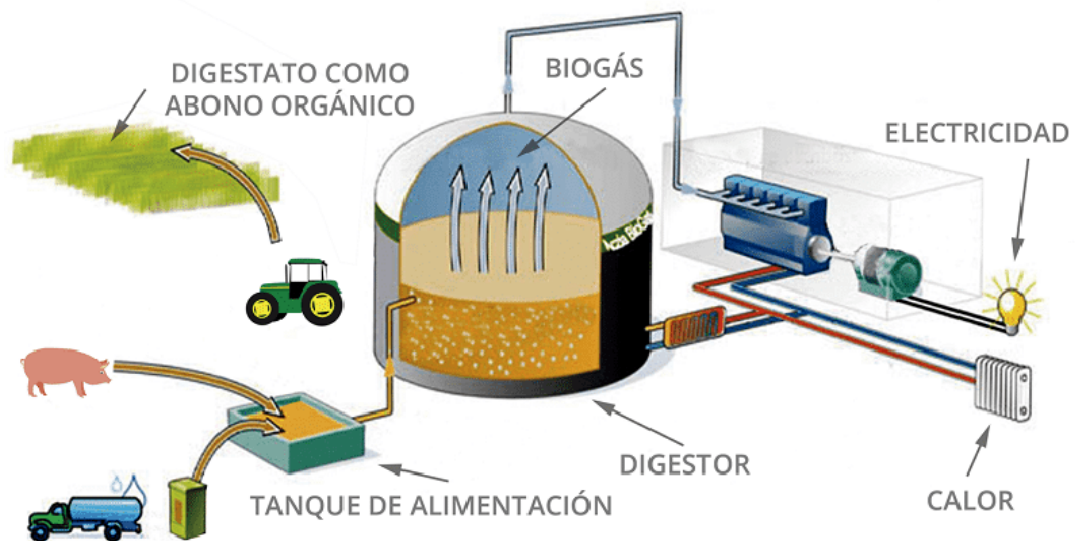


Figura 1: Proceso esquematizado de la obtención del biogás (Fuente: soluciones de combustión)

El biogás se puede generar en dispositivos o en medios naturales mediante el proceso denominado biodegradación de la materia orgánica. Cuando este proceso ocurre los microorganismos actúan en ausencia de oxígeno produciendo el biogás. La calidad de biogás se mide en función de la proporción de metano que contenga la mezcla, esto se puede ver en los elementos que se obtienen del proceso:

- Una mezcla de metano (CH₄) que suele oscilar entre el 40% y 70%, para que se considere un biogás de calidad debería ser mínimo del 65%, con el resto dióxido de carbono (CO₂).
- Una mezcla formada por pequeñas proporciones de diversos gases como: hidrógeno (H₂), nitrógeno (N₂), oxígeno (O₂) y sulfuro de hidrógeno (H₂S)

Este proceso consiste en una descomposición anaeróbica considerándose también una forma útil de tratar residuos biodegradables ya que el residuo restante de esta reacción se puede utilizar como abono para el suelo. Este proceso se compone principalmente de 4 etapas [1]:

1. Hidrólisis: etapa donde los microorganismos se encargan de excretar enzimas para poder descomponer la materia orgánica introducida en carbohidratos, líquidos y ácidos nucleicos en elementos más pequeños.
2. Acidogénesis: etapa en la que las bacterias procesan los productos que se han obtenido de la hidrólisis en acetato, dióxido de carbono y ácidos grasos.
3. Acetogénesis: etapa en la que los ácidos grasos volátiles y alcoholes se oxidan en acetato, dióxido de carbono e hidrógeno antes de convertirse en metano.
4. Metanogénesis: en esta última etapa los microorganismos especializados producen metano a partir del acetato dióxido de carbono e hidrógeno, la cual determina la calidad del biogás en función de la proporción de metano que se ha generado.

2. Definición del proyecto

El objetivo de este proyecto es conseguir abastecer a cocinas de una región con escaso acceso directo a la red, realizándose así una ingeniería con propósito. En un principio se pensó en colegios y hospitales del África Subsahariana sin embargo, al ser un proyecto con propósito se planteó al cliente (MMUU) la posibilidad de aumentar el alcance y así tener la mayor repercusión posible.

Como se tomó la decisión de aumentar este alcance, se realizó un análisis teniendo en cuenta 3 parámetros para poder identificar las zonas con mayor potencial y como poder llevar a cabo el diseño de dicho biodigestor.

Para poder diseñar el biodigestor necesario, la instalación y el mantenimiento a largo plazo habría que tener en cuenta 3 parámetros:

- El montaje: hay variedad de biodigestores que se pueden diseñar para este tipo de proyectos. Al comienzo del proyecto se hizo un análisis sobre las ventajas y desventajas de los 3 biodigestores más viables desde el punto de vista práctico. En el caso del home-biogás se descartó desde un principio ya que es una tecnología que viene ya implementada de fábrica. A continuación, se muestra el análisis realizado:

MONTAJES			
TIPO BIODIGESTOR	DE DOMO FIJO	DE ESTRUCTURA FLEXIBLE	HOME-BIOGAS
			
MATERIALES	-Ladrillo y cemento	-Plástico de polietileno tubular	-Estructura hecha de polietileno, polipropileno, PVC y ABS + chimenea.
COSTES	-4 m3 - \$550 -6 m3 - \$650 -12 m3 - \$1.000 -40 m3 - <\$4.000	+15% mas caro que el de ladrillo	-4m3 - \$540
PROS	-El más rápido -El más barato -Protege ante cambios de temperatura -la construcción subterránea ahorra espacio	-Fácil de financiar (ej. deposito 10% y pay-per-use en 2 años) -No requieren aprobación al no necesitar construcción -Móvil (en 3h lo mueves de un lugar a otro) -Mas eficiente en el uso del material -Buena funcionalidad	-Para pequeños espacios -Fácil de financiar (pay as you go) -Ofrecen opciones modulares que se adaptan a las necesidades del cliente
CONS	-Se rompe mas fácilmente, mayor mantenimiento -En algún país requiere de aprobación debido a la construcción -No puedes transportarlo -Problemas con la permeabilidad debido al ladrillo (podría requerir expertos de biogás)	-Plástico vulnerable a roturas (clima, animal, hombre) - Bajo tiempo de vida útil (quizás necesitaría una modificación en la instalación cada 3 años)	-No hay diseño de planta, es prefabricado - No sirve para grandes escalas - Destinado para uso personal / pequeña escala
POTENCIAL		Mejor relacion pros / cons	

Tabla 1: Análisis del montaje del biodigestor (Fuente: Elaboración propia)

Como se puede observar se ha escogido el biodigestor de estructura flexible ya que a pesar de que es un 15% más caro que el de domo fijo, esta elección se encuentra dentro del presupuesto de Manos Unidas y como se puede ver en la tabla tiene más ventajas frente al de domo fijo. Algunas de ellas se muestran a continuación:

1. No requiere de tanta documentación legal / administrativa para la construcción.
2. Su mantenimiento es más sencillo y barato.
3. El de estructura flexible se puede desplazar de un lado a otro una vez montado el plástico, lo que aporta mucha más flexibilidad a la hora de su uso.

- **Dimensionamiento:** el fin de este proyecto es dar horas de cocina a escuelas y centros sanitarios para lo que se necesitará un biodigestor de tamaño “grande”, de entre 40-55 m³. Sin embargo, con esta misma tecnología también se podría alimentar familias con un biodigestor de pequeño o medio tamaño, según la necesidad del grupo que lo esté demandando. Al comienzo del proyecto se hizo un análisis del tamaño del biodigestor que se puede observar en la tabla a continuación:

DIMENSIONAMIENTO			
	PEQUEÑO	MEDIO	GRANDE
TAMAÑO	<4 m ³	5-39 m ³	>40 m ³
NUM. VACAS	Desde 1	10-15	>20
HORAS COCINA	1-3 h familia	6-15h familia	50% apoyo cocina en escuelas
APLICACIÓN TIPO	Residuos agrícolas. Se quedaría corto para una familia grande.	Residuos agrícolas, ganaderos y procedentes de granjas	Residuos humanos, cultivos, etc.
POTENCIAL		6 m ³ = 6h cocina	Instituciones / Colegios / Hospitales / ganaderos que operan como unidad de negocio, vacas cerca del sistema

Tabla 2: Análisis del dimensionamiento del biodigestor (Fuente: Elaboración propia)

Este esquema fue una idea inicial donde después de avanzar en el desarrollo y estudio del proyecto se acabó llegando a dos tamaños de biodigestores:

1. De gran tamaño para colegios y hospitales con un biodigestor con capacidades entre 40 y 55 m³.
2. De pequeño tamaño para pequeños poblados o familias con un biodigestor con capacidades entre 3 y 15 m³.

- **Regiones:** este proyecto podría ser implementado en distintas regiones; sin embargo, su dimensionamiento dependerá del tipo de residuo del que se disponga en dicha región. A los residuos que utiliza el biodigestor para producir este gas se les denomina entradas y cada uno de ellos producen un biogás con proporciones de nitrógeno y carbono distintas, lo cual afecta al gas que se forma y por tanto al número de horas de cocina que se puede obtener de ellos.

Este tipo de características serán analizadas más adelante en el proyecto.

REGIONES			
	AFRICA	LATAM	ASIA
INPUTS	Estiércol de ganado, cultivos, agua residual, residuos de comida	Basura, arboles frutales, producto agrícola (estiércol, cereales y vacuno)	Estiércol de ganado, residuos de tofu, residuos sólidos de mandioca (Indonesia)
POBLACION NECESIDAD	Zonas a las que no llega la red eléctrica, aprovechamiento residuos	No muy desarrollada a día de hoy, mucho potencial en Argentina	Exceso de residuos de vacas y pollos. Se puede aprovechar ese desperdicio
APLICACION TIPO	Programas de comida en escuelas con instituciones (comida y baño)	Familias (Honduras) Opción de inyectarlo en la red (IES biogas)	Proyecto mediana escala para condiciones locales como cocinas
PAISES INCENTIVO	Etiopía, Burkina Faso	Argentina: inversores Honduras: ONG, org.gubernamentales	Pulang Pisau (Indonesia)
POTENCIAL	Uganda, Burkina Faso, Kenia, Tanzania	Ecuador, Colombia, Brasil, Chile, Perú, Honduras	Sudeste Asiatico

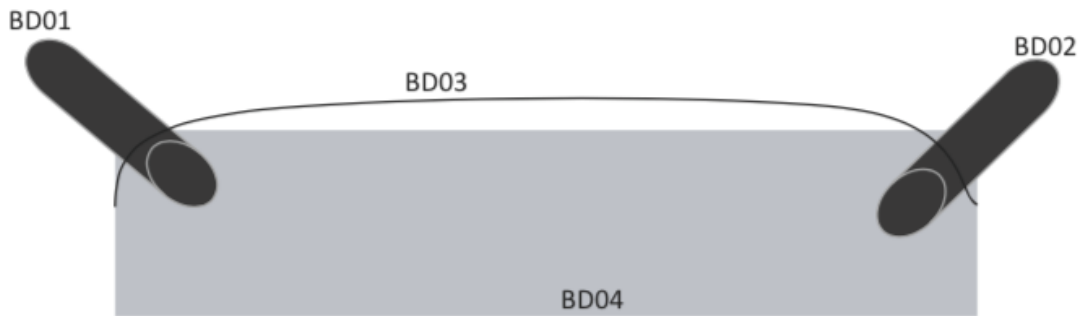
Tabla 3: Análisis de la región de implementación del biodigestor (Fuente: Elaboración propia)

3. Descripción del modelo

Como se ha mostrado en el apartado anterior para este proyecto se ha optado por la utilización de un biodigestor de estructura flexible, el cual consiste en un biodigestor con un plástico de polietileno en forma de media luna tapando un hueco de profundidad variable en función del tamaño de biodigestor que se quiera conseguir.

En la Figura 2 se muestra un esquema sencillo de este tipo de biodigestor. En dicha imagen se puede ver la bolsa sobre un hueco con paredes inclinadas que será parametrizado en función de la capacidad del biodigestor. Las piezas BD01 y BD02 son lo que se denominan cajas o tubos de entradas y salida por los que se introducen los residuos y por donde se extrae el “biol” que se utilizará posteriormente como fertilizante.

En la parte superior de la bolsa se colocará una válvula que mediante una instalación de tuberías dirigirá el biogás producido a la instalación en cuestión. En este proyecto se han planteado dos objetivos que cubrir que son los centros sanitarios y colegios los cuales necesitarán un biodigestor de mayor tamaño; y los poblados donde opera Manos Unidas, donde con uno mediano debería bastar. Para ambos casos el diseño del biodigestor es el mismo, lo único que cambia son las dimensiones, las cuales se parametrizarán, y los materiales utilizados.



BD01. Tubo de entrada (opción de una caja en el caso de ser mas cómodo depositar los residuos)
BD02. Tubo de salida
BD03. Bolsa: polietileno tubular calibre 8 con protección contra rayos ultravioleta y de doble capa para mayor resistencia
BD04. Fosa / Zanja (paredes de fosa inclinadas para reducir el riesgo de derrumbamiento)

Figura 2: Esquema del biodigestor de estructura flexible (Fuente: elaboración propia)

En el caso de enfocar esta tecnología a poblados se puede dar el caso en que no todos los consumidores estén a una distancia razonable del biodigestor y para evitar tener que hacer una instalación bajo tierra para cada una de estas casas, se ha proporcionado un medio de transporte de este gas para las familias más alejadas.

Este medio consiste en una mochila capaz de transportar este gas de forma sencilla proporcionando un tiempo limitado de horas de cocina, pero suficiente para ayudar a familias que hoy en día no disponen de ningún tipo de electricidad.

Esta mochila cuenta con una válvula de entrada mediante la cual se puede depositar este gas de forma directa desde el biodigestor. Esta tecnología está desarrollada mediante una empresa alemana (B) Energy, la cual cuenta con accesorios para el desarrollo de estas plantas de biodigestión con menos recursos.



Figura 3: Mochila transporte de biogás (Fuente: (B)Energy [1])

4. Resultados

Los apartados anteriores explican cómo se ha llegado al tipo de biodigestor y los datos necesarios para saber el dimensionamiento óptimo para las diferentes soluciones que se podrían desarrollar con este proyecto. Sin embargo, se ha desarrollado una herramienta que calculará de forma sencilla, cuantos animales deberán utilizar, o que tipo de biodigestor deberán instalar, mostrando los resultados para cada uno de los casos.

El funcionamiento de la herramienta consiste en introducir las siguientes variables:

1. El tipo y cantidad de seres vivos generando residuos en la zona:
 - Peso medio de cada uno de los animales
2. Clima de la región / Temperatura media.
3. Número de personas (adultos / niños) que necesitarían beneficiarse de la solución en el hospital/colegio/poblado:
 - Consumo anual en KWh por persona según la región.

Una vez se introducen estos datos la herramienta mostrará el biogás que se podría generar con los recursos disponibles, el biogás necesario para abastecer el colegio, hospital o poblado en cuestión, y la capacidad del biodigestor. El usuario obtendrá un resultado que indicara inicialmente si la solución es viable para su caso de uso, y segundo en caso de

serlo, que tamaño/s de biodigestor/es necesita para llevarlo a cabo. Solo tendrá que acudir al apartado de montaje para ejecutarlo.

Aquí se muestra el resultado de una simulación para un colegio de 500 alumnos y 4 profesores adultos:

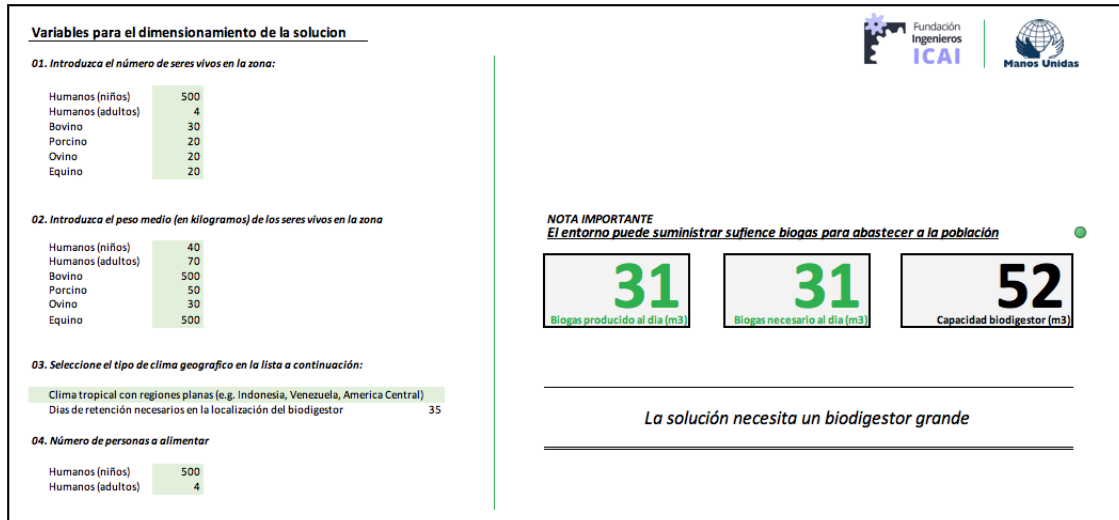


Figura 4: Resultados de una simulación con la herramienta (Fuente: elaboración propia)

En este ejemplo en particular, se simuló un caso de uso en un colegio de Kenia, donde se cuenta con un clima tropical. Para el colegio se necesitarían 31 m³ de biogás diarios que se conseguirían instalando un biodigestor de gran tamaño.

5. Conclusiones

Algunas de las conclusiones que se han obtenido de este proyecto son:

- El biodigestor más utilizado en este tipo de proyectos suele ser el de plástico de polietileno ya que es más sencillo y se puede desplazar de un lado a otro lo cual en países subdesarrollados es una ventaja.
- El tipo de residuo que se introduce en el biodigestor es importante que genere un biogás de calidad como lo hace el estiércol de animal o los sobrantes de comida.
- El transporte de biogás es más sencillo mediante una instalación de tuberías.
- En el caso de hacer un biodigestor de plástico hay que cuidar el mantenimiento ya que es muy propenso a romperse.
- Para poder hacer este tipo de proyectos en zonas en las que las temperaturas no sean muy altas se puede utilizar parte del biogás generado para poder calentarlo y así mejorar su producción.

6. Referencias

[1] (B) Energy; Partner Program “be part of the solution”. <https://be-nrg.com/>

DEIGN OF A SYSTEM IN ORDER TO OBTAIN BIOGAS THROUGH ORGANIC WASTE FROM ANIMALS AND/OR STORAGE. AVAILIBILITY OF THE GAS FOR KITCHENS OF SCHOOLS AND HOSPITALS CONSUMPTION IN SUB-SAHARIAN AFRICAN COUNTRIES.

Author: Martínez Rivera, Celia.

Supervisor: Sanz Jimeno, Carlos.

Collaborating Entity: Manos Unidas (MMUU).

PROJECT SUMMARY

The objective of this project is to do engineering with purpose, reaching the most people as possible. The need to supply gas to world underdeveloped areas where they do not have direct access will be addressed. It will mainly focus on supplying gas to hospitals and schools' kitchens in a region to provide a hot meal to a number of children and hospital patients.

This renewable gas is known as "biogas" and it is obtained through an anaerobic reaction in the absence of oxygen from organic waste. Generally, the waste to generate this gas is from agriculture and livestock, however, the possibility of using wastewater or waste food will be analyzed since they are easily accessible in a school or hospital.

At the beginning, the project was scoped to be in the Sub-Saharan Africa region, however, it was extended to Latam, Asia and Africa as they are the main world regions where the client Manos Unidas (MMUU) operates. For this reason, the analysis outcome will describe if the solution is feasible in that particular use case based on their own circumstances (waste available, climate and energy demands).

Additionally, the project will help the local users describing the dimensions of the plant, calculations and the long-term maintenance and operations. All documentation will be provided in this project so that the person in charge can operate the plant.

Keywords: Biogas, engineering, purpose, repercussion, waste, renewable.

1. Introduction

Energy is necessary for the development of any community. However, in some cases, obtaining this energy is not always simple. Additionally, the use of it can also generate considerable pollution.

On the other hand, one of the main problems today is the excess of solid, liquid gaseous waste from agriculture, livestock, wastewater or even food leftovers. These residues can cause damage in society due to both, their presence and their subsequent decomposition. To avoid harmful effects and waste, it is beneficial to use this waste to produce energy, facing both problems that are pollution and supply in remote areas.

Biomass has different qualifications, however, the one that will be discussed in this project is biogas. This fuel is obtained through the biodegradation reactions of organic

matter in the absence of oxygen, known as anaerobic reaction, due to the action of microorganisms.

With this reaction, a mixture of methane is achieved in a proportion of 50%-70% volume, which can be used afterwards to produce gas or electrical energy.

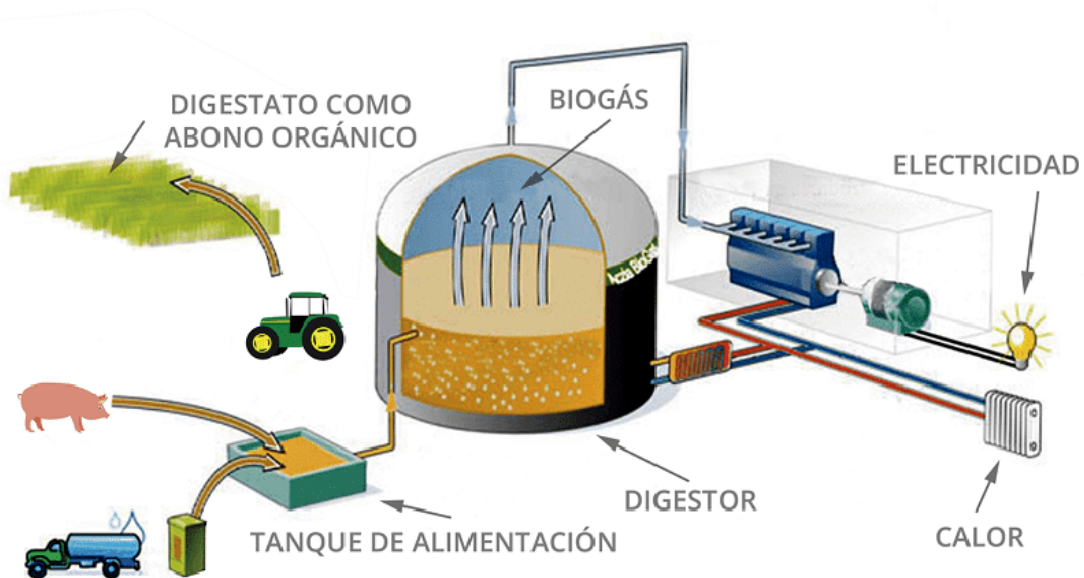


Figure 5: Process for obtaining biogas (Source: soluciones de combustión)

Biogas can be generated in devices or in natural media through the process called biodegeneration of organic matter. When this process occurs, the microorganisms act in the absence of oxygen, producing biogas. The quality of biogas is measured based on the proportion of methane contained in the mixture, this can be seen in the elements obtained from the process:

- A mixture of methane (CH_4) that usually ranges between 40% and 70%, to be considered a good quality biogas should be at least 65%, with the rest carbon dioxide (CO_2).
- A mixture made up of small proportions of various gases such as hydrogen (H_2), nitrogen (N_2), oxygen (O_2) and hydrogen sulfide (H_2S).

This process consists of an anaerobic decomposition and it is also considered a useful way of treating biodegradable waste since the remaining residue of this reaction can be used as fertilizer for the soil. This process is mainly composed of 4 stages:

1. Hydrolysis: stage where microorganisms are responsible for excreting enzymes to break down the organic matter introduced into carbohydrates, liquids and nucleic acids into smaller elements.
2. Acidogenesis: stage in which bacteria process the products that have been obtained from hydrolysis into acetate, carbon dioxide and fatty acids.

3. Acetogenesis: stage in which volatile fatty acids and alcohols are oxidized into acetate, carbon dioxide and hydrogen before becoming methane.
4. Methanogenesis: in this last stage, specialized microorganisms produce methane from carbon dioxide and hydrogen acetate, which determines the quality of the biogas based on the proportion of methane that has been generated.

2. Definition of the project

The objective of this project is to supply school and hospital kitchens in a region with a little or no direct access to the network. Initially the scope of this project focused on schools and hospitals in the African Sub-Saharan region, however, it was evaluated and proposed to the client (MMUU) the possibility of increasing the scope having a bigger impact in the regions where they operate.

As the decision was to increase the scope, an analysis was carried out considering 3 parameters in order to design the optimal biodigester for each use case.

In order to design the biodigester installation and long – term maintenance, below you can find the 3 parameters to be taken into account:

- Assembly: there are a variety of biodigesters that can be designed for this type of project. An analysis on the advantages and disadvantages of the 3 most practical biodigesters was made. The home-biogas was excluded due to the technology was implemented directly from the factory. The analysis can be seen in the table below:


ASSEMBLY			
TYPE OF BIODIGESTER	FIXED DOME	FLEXIBLE STRUCTURE	HOME-BIOGAS
			
MATERIALS	-Brick and Cement.	-Polyethylene plastic.	- Structure made of polyethylene, polypropylene, PVC and ABS+ chimney.
COSTS	-4 m ³ - \$550 -6 m ³ - \$650 -12 m ³ - \$1.000 -40 m ³ - <\$4.000	+15% more expensive than the brick biodigester.	-4m ³ - \$540
ADVANTAGES	-Faster. -Cheaper. -Protection in case of temperature difference. -Underground construction saves space.	-Easier to finance. -Doesn't require any approval for its construction. -You can relocate it in 3 hours. -More efficient with materials. -Funcionality.	-For small spaces. -Easy to finance. -They offer modular options adapted to the client's necessities.
DISADVANTAGES	-Breaks faster, more maintenance. -Approval from the government required for its construction. -It can not be moved. -Problems with permeability due to the brick.	-Plastic can easily break (climate, animal or the user). -It might need modifications after 3 years.	-There is no design, prefabricated. - Doesn't work for big demands. -Normally for personal consumption.
POTENTIAL		Better relation advantages/disadvantages	

Table 4: Analysis of the biodigester assembly (Source: Own elaboration)

The flexible structure biodigester was chosen. It is 15% more expensive than the one with a fixed dome, however it is still within the budget of the client (MMUU), and it has more advantages compared to the fixed dome:

1. It does not require as much legal / administrative documentation for the construction.
2. Its maintenance is easier and cheaper.
3. The flexible structure can be moved from one place to another one once the plastic is assembled, which provides much more flexibility when it comes to its use.

- **Dimensioning:** the purpose of this project is to give cooking hours to schools and health centers, which will need a “large” size biodigester with capacity between 40-55 m³. This same technology could also feed families with a small or medium-sized biodigester, depending on the needs of the particular group requesting it. At the beginning of the project an analysis of the size was made which can be seen in the table below.

DIMENSIONING			
	SMALL	MEDIUM	BIG
SIZE	<4 m ³	5-39 m ³	>40 m ³
NUM. OF COWS	From 1	10-15	>20
KITCHEN HOURS	1-3 h family	6-15h family	50% support for school kitchens
APLICATTION	Agriculture waste. Not enough for a big family.	Agriculture and cattle waste.	Agriculture, cattle and human waste.
POTENTIAL		6 m ³ = 6h of kitchen	Schools and hospitals.

Table 5: Analysis of the biodigester dimensioning (Source: Own elaboration)

This was an initial idea. After progress with the development and study of the project ended up reaching two sizes of biodigesters:

1. Large for schools and hospitals with a biodigester with capacities between 40 and 55 m³.
 2. Small for small towns or families with a biodigester with capacities between 3 and 15 m³.
- **Regions:** this project could be implemented in different regions, however it's dimensions will depend on the type of waste available in the region. The residues used to feed the biodigester and produce the gas are called inputs and each one of them produces a biogas on different proportions of nitrogen and carbon, which affects the gas that is formed and therefore the available number of cooking hours. This type of characteristics will be analyzed later in the project.

REGIONS			
	AFRICA	LATAM	ASIA
INPUTS	Livestock manure, crops, sewage, food waste	Garbage, fruit trees, agricultural product (manure, cereals and cattle)	Livestock manure, tofu waste, solid cassava waste (Indonesia)
NECESSITY	Areas not reached by the electricity network, use of waste	Not very developed today, a lot of potential in Argentina	Excess waste from cows and chickens. You can take advantage of that waste
APLICATTION	Food programs in schools with institutions (food and bathroom)	Families (Honduras) Option to inject it into the network (IES biogas)	Medium-scale project for local conditions such as kitchens
COUNTRIES	Etiopía, Burkina Faso	Argentina: investors Honduras: ONG	Pulang Pisau (Indonesia)
POTENTIAL	Uganda, Burkina Faso, Kenia, Tanzania	Ecuador, Colombia, Brasil, Chile, Perú, Honduras	South east Asia

Table 6: Analysis of the regions (Source: Own elaboration)

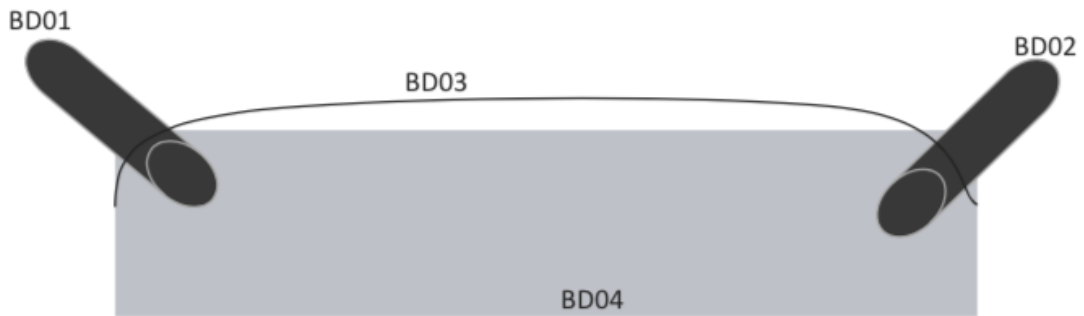
3. Description of the model

As shown in the previous section, for his project we use a biodigester with a flexible structure, which consists of a biodigester with half-moon-shaped polyethylene plastic covering a variable depth hole depending on the size of the needed biodigester.

The figure below shows a scheme of this type of biodigester. In the figure the bag is inside of a hole with inclined walls that will be parameterized based on the capacity of the biodigester.

Parts BD01 and BD02 are called input and output boxes or tubes through which the waste is introduced and the “biol” is extracted, which will be used later as fertilizer.

In the upper part of the bag, a valve will be placed and through a pipe installation the biogas produced will be conducted. In this project, two objectives have been set to cover: health centers and schools which will need a larger biodigester and small towns where an small / medium size one will be enough. In both cases, the design of the biodigester is the same, the only thing that changes is the dimensions and the materials quantities to be used, which will be parameterized.



BD01. Tubo de entrada (opción de una caja en el caso de ser mas cómodo depositar los residuos)
BD02. Tubo de salida
BD03. Bolsa: polietileno tubular calibre 8 con protección contra rayos ultravioleta y de doble capa para mayor resistencia
BD04. Fosa / Zanja (paredes de fosa inclinadas para reducir el riesgo de derrumbamiento)

Figure 6: Structure flexible biodigester (Source: Own elaboration)

In the use case focusing on towns and families, it may be the case that not all consumers are within a reasonable distance from the biodigester. To avoid an underground installation for each of these houses, there is the alternative of transporting this gas through backpacks.

This backpack is capable of transporting the gas in a simple way, providing a limited time of cooking hours helping families that today do not have any type of electricity.

This backpack has an inlet valve through which this gas can be deposited directly from the biodigester. This technology is developed by the German company (B) Energy, which has accessories for the development of these biodigestion plants with fewer resources.



Figure 7: Backpack for the transport of biogas (Source: (B)Energy)

4. Results

The previous sections explained how the type of biodigester was selected, and the necessary data to arrive to the optimal dimensions depending on the particular project needs. A tool has been developed so that the local users of the solution can calculate in a simple way how many wastes they need to cover the demand or what biodigester size they should install, showing the results.

The variables to introduce in the tool are:

1. Type and amount of waste are being generated in the area.
 - Approximate weight of the animals.
2. Region climate / average temperature.
3. Number of people (adults / kids) that will need to benefit from the solution in a hospital / school / town.
 - Annual consumption per person in KWh in each region.

Once these variables are selected, the tool will show the biogas that could be generated with the available resources in the area, the necessary biogas to supply the school, hospital or town, and the capacity of the biodigester. The user will receive a result, which initially will indicate if the solution is viable for that particular scenario, and if it is the case, the dimension of the biodigester needed. He/She will only need to go to the project section describing the installation procedure and execute it step by step.

Below is the result of a simulation for an school with 500 students and 4 adult teachers:

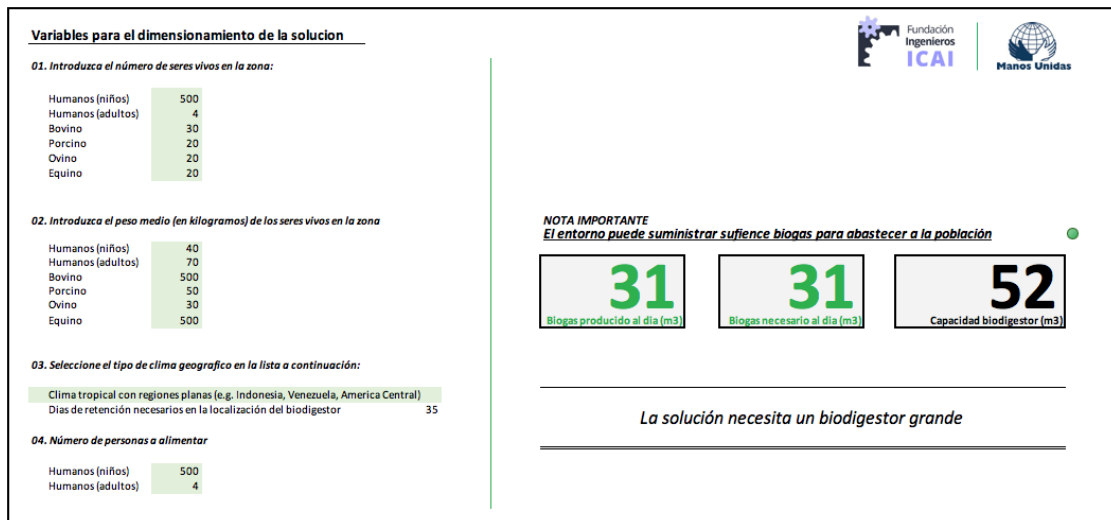


Figure 8: Results of the simulation with the tool (Source: Own elaboration)

For this particular case, the area is Kenya and therefore a tropical climate was selected. For the school, 31 m³ of biogas per day will be needed, which would be achieved by installing a large biodigester.

5. Conclusions

Some of the conclusions that have been obtained from this project are:

- Most biodigesters for this type of project is the polyethylene plastic one, since it is simpler and can be moved from one place to another, which in underdeveloped countries is an advantage.
- The type of waste that is introduced in the biodigester is important in order to generate a good quality biogas as it does for example animal manure.
- The transport of biogas would be easier through the installation of pipes than the bags in case of transporting a big amount of biogas.
- In case of making a plastic biodigester, maintenance will be relevant as the plastic could break.
- In order to carry out this type of project in areas where temperatures are not very high, part of the biogas generated can be used to heat it an improve its production.

6. References

[1] (B) Energy; Partner Program “be part of the solution”. <https://be-nrg.com/>

Índice de la memoria

Capítulo 1. Introducción	1
1.1 Motivación del proyecto.....	3
Capítulo 2. Descripción de la Tecnología.....	4
Capítulo 3. Estado de la Cuestión	6
Capítulo 4. Definición del proyecto	8
4.1 Definición del proceso.....	8
4.1.1 Hidrólisis.....	9
4.1.2 Acidogénesis.....	10
4.1.3 Acetogénesis	10
4.1.4 Metanogénesis	11
4.2 Tipo de biodigestores	11
4.2.1 Biodigestor de estructura flexible.....	11
4.2.2 Biodigestor de domo fijo o cúpula fija	13
4.2.3 Biodigestor de domo flotante o cúpula móvil.....	15
4.2.4 Home-biogás.....	16
4.3 Biodigestores para cocinas	19
4.4 Metodología y cronograma	19
Capítulo 5. diseño del sistema.....	21
5.1 Estudio de viabilidad.....	21
5.1.1 Propiedades de los residuos de entrada.....	22
5.1.2 Condiciones climatológicas y tiempo de retención	26
5.1.3 Capacidad del biodigestor	28
5.2 Diseño y cálculos.....	29
5.2.1 Volumen del biodigestor.....	30
5.2.2 Volumen del tubo de las cajas de entrada y salida	34
5.2.3 Relación óptima entre diámetro y longitud del biodigestor	36
5.2.4 Dimensiones de la zanja	36
5.3 Materiales y montaje	37

5.3.1 Fosa y montaje de las cajas de entrada y salida	39
5.3.2 Preparación del plástico del biodigestor y el amarre de este a las cajas de entrada y salida construidas.....	41
5.3.3 Montaje de la instalación de salida del biogás	42
5.3.4 Instalación de los tubos de entrada y salida	43
5.3.5 Montaje de la válvula de seguridad	44
5.3.6 Conducción del biogás	46
5.3.7 Montaje de la cocina	46
5.4 Cálculo de presupuestos y análisis de sostenibilidad	49
5.5 Producción del fertilizante.....	54
5.6 Simulación caso práctico kenia	55
Capítulo 6. Almacenamiento y transporte	60
6.1 Bolsa reservorio.....	60
6.2 Mochila (b) energy	63
Capítulo 7. Mantenimiento y operatividad	65
7.1 Labores diarias de mantenimiento.....	66
7.2 Labores semanales de mantenimiento	66
Capítulo 8. Análisis de Resultados.....	67
Capítulo 9. Conclusiones y Trabajos Futuros.....	68
Capítulo 10. Bibliografía.....	69
ANEXO I: REFLEXIÓN SOBRE LOS ODS.....	70

Índice de figuras

Figura 1: Proceso esquematizado de la obtención del biogás (Fuente: soluciones de combustión).....	4
Figura 2: Esquema del biodigestor de estructura flexible (Fuente: elaboración propia).....	9
Figura 3: Mochila transporte de biogás (Fuente: (B)Energy [1]).....	10
Figura 4: Resultados de una simulación con la herramienta (Fuente: elaboración propia).	11
Figure 5: Process for obtaining biogas (Source: soluciones de combustión).....	13
Figure 6: Structure flexible biodigester (Source: Own elaboration)	18
Figure 7: Backpack for the transport of biogas (Source: (B)Energy).....	19
Figure 8: Results of the simulation with the tool (Source: Own elaboration).....	20
Figura 9: Etapas del proceso de producción de biogás (Fuente: Biogas Handbook[2]).....	9
Figura 10: Biodigestor de plástico en un país subdesarrollado (Fuente: Investigación y experiencias de multiplicación en países tropicales- Proporcionado MMUU [3])	12
Figura 11: Representación gráfica del biodigestor de plástico (Fuente: Manual tecnología para la agricultura [4])	13
Figura 12: Esquema de un biodigestor de domo fijo (Fuente: Investigación y experiencias de multiplicación en países tropicales- Proporcionado MMUU [3])	14
Figura 13: Construcción del biodigestor de ladrillo en un país subdesarrollado (Fuente: Investigación y experiencias de multiplicación en países tropicales- Proporcionado MMUU [3])	14
Figura 14: Esquema del biodigestor de domo flotante (Fuente: Investigación y experiencias de multiplicación en países tropicales- Proporcionado MMUU[3])	15
Figura 15: Pasos del funcionamiento del Home-Biogás (Fuente: Home- Bigas [5]).....	17
Figura 16: Esquema de Home-Biogás (Fuente: Home-Biogas [5])	17
Figura 17: Cronograma del proyecto (Fuente: Elaboración propia)	20
Figura 18: Imagen de la pantalla de simulación de la herramienta, introducción de variables (Fuente: Elaboración propia).....	27
Figura 19: Imagen de la pantalla de simulación de la herramienta, muestra de la capacidad del biodigestor (Fuente: Elaboración propia)	28

Figura 20: Esquema sobre el dimensionamiento del biodigestor (Fuente: Elaboración propia)	29
Figura 21: Cajas de entrada y salida del biodigestor (Fuente: Investigación y experiencias de multiplicación en países tropicales- Proporcionado MMUU)	40
Figura 22: Preparación del plástico del biodigestor (Fuente: Investigación y experiencias de multiplicación en países tropicales- Proporcionado MMUU)	42
Figura 23: Instalación de la tubería de salida del biodigestor (Fuente: Investigación y experiencias de multiplicación en países tropicales- Proporcionado MMUU)	43
Figura 24: Resultados de los tubos de entrada y salida del biodigestor en proyectos de Manos Unidas (Fuente: Proporcionado por MMUU)	44
Figura 25: Montaje de la válvula de seguridad (Fuente: Investigación y experiencias de multiplicación en países tropicales- Proporcionado MMUU)	45
Figura 26: Resultado de la válvula de seguridad del biodigestor de un proyecto en Bolivia (Fuente: Guía de biodigestores)	45
Figura 27: Conjunto de cocina (Fuente: (B)Energy [8])	47
Figura 28: Presupuesto de los kits de la cocina proporcionados por la empresa (B) Energy [7]	48
Figura 29: Pantalla 1, simulación ejemplo 1 (Fuente: Elaboración propia)	56
Figura 30: Pantalla 2, simulación ejemplo 1 (Fuente: Elaboración propia)	57
Figura 31: Pantalla 1, simulación ejemplo 2 (Fuente: Elaboración propia)	58
Figura 32: Pantalla 2, simulación ejemplo 2 (Fuente: Elaboración propia)	59
Figura 33: Pantalla 3, simulación ejemplo 2 (Fuente: Elaboración propia)	59
Figura 34: Conexión bolsa reservorio al sistema (Fuente: Manual tecnología para la caficultura, aprovechamiento y tratamiento de residuos en Perú)	61
Figura 35: Resultado de la bolsa reservorio en un país subdesarrollado (Fuente: proporcionado por MMUU)	62
Figura 36: Características y presupuesto de la mochila para el transporte de biogás (Fuente: (B) Energy)	64
Figura 37: Resultado de las mochilas para el transporte de biogás (Fuente: (B) Energy)	64
Figura 38: Los 17 objetivos de Desarrollo Sostenible	70

Índice de Tablas

Tabla 1: Análisis del montaje del biodigestor (Fuente: Elaboración propia)	6
Tabla 2: Análisis del dimensionamiento del biodigestor (Fuente: Elaboración propia)	7
Tabla 3: Análisis de la región de implementación del biodigestor (Fuente: Elaboración propia).....	8
Table 4: Analysis of the biodigester assembly (Source: Own elaboration)	15
Table 5: Analysis of the biodigester dimensioning (Source: Own elaboration).....	16
Table 6: Analysis of the regions (Source: Own elaboration)	17
Tabla 7: Propuesta de valor (Fuente: Elaboración propia)	2
Tabla 8: Propuesta inicial del proyecto (Fuente: Elaboración propia)	7
Tabla 9: Producción de biogás en función del tipo de residuo animal de entrada (Fuente: Manual de biogás [6]).....	23
Tabla 10:Producción de biogás en función del tipo de residuo vegetal de entrada (Fuente: Manual de biogás [6]).....	24
Tabla 11: Proporción estiércol: agua para la producción de biogás (Fuente: Manual de biogás [6])	25
Tabla 12: Tiempo de retención en función de la región: Manual de biogás [6])	26
Tabla 13:Producción de biogás en función del tipo de residuo animal de entrada (Fuente: Manual de biogás [6]).....	31
Tabla 14: Proporción estiércol: agua para la producción de biogás (Fuente: Manual de biogás [6])	32
Tabla 15: Dimensiones del plástico de polietileno (Fuente: Guía biodigestores [7])	35
Tabla 16: Determinación de la longitud del biodigestor (Fuente: Guía biodigestores)	35
Tabla 17: Esquema de la zanja (Fuente: Guía biodigestores)	36
Tabla 18: Dimensiones de la zanja (Fuente: Guía biodigestores)	37
Tabla 19: Dimensiones caja de entrada (Fuente: Elaboración propia).....	39
Tabla 20: Dimensiones caja de salida (Fuente: Elaboración propia)	40
Tabla 21: Presupuesto para un biodigestor de pequeño tamaño, 3-15 m ³ (Fuente: Elaboración propia).....	50

Tabla 22: Presupuesto biodigestores de gran tamaño, 40-55 m ³ (Fuente: Elaboración propia)	
.....	51
Tabla 23: Análisis de sostenibilidad del proyecto (Fuente: Elaboración propia).....	53
Tabla 24: Tiempos de retención en función de la temperatura (Fuente: Guía de biodigestores)	
.....	54

Capítulo 1. INTRODUCCIÓN

La energía es un bien necesario para el desarrollo de cualquier comunidad. Sin embargo, en algunos casos la obtención de esta energía no es siempre tan sencilla y si lo es, el uso de esta puede generar un grado considerable de contaminación.

Por otro lado, uno de los principales problemas de hoy en día es el exceso de residuos tanto sólidos, líquidos o gaseosos procedentes de la agricultura, ganadería, aguas residuales o incluso de restos alimenticios.

Estos residuos pueden llegar a causar daños en la sociedad, tanto su presencia como la posterior descomposición de estos. Para evitar los efectos perjudiciales y un desaprovechamiento, se busca hacer uso de estos residuos para producir energía. Consiguiendo así lidiar con los dos problemas que son la contaminación y el abastecimiento en zonas remotas.

Este proyecto consiste en un estudio de la situación descrita en los párrafos anteriores por un ingeniero del ICAI con la colaboración de Manos Unidas (MMUU), de cara a que lo puedan llevar a cualquiera de sus organizaciones colaboradoras que tienen por todo el mundo.

El objetivo es evaluar y proponer algunas soluciones para abordar el desafío del acceso a la energía en zonas remotas o con menos recursos. Inicialmente el proyecto solo se centró en zonas del África Subsahariana, pero se propuso a MMUU la posibilidad de aumentar el alcance, consiguiendo así una mayor repercusión en sus áreas de acción.

El resultado del proyecto es el desarrollo de una tecnología denominada biogás que consiste en la producción de un gas para cocinas a partir de residuos orgánicos, animales y sobrantes de comidas. Este tipo de tecnología es un desafío energético que debe replicarse y/o ampliarse posteriormente a otras ubicaciones de colegios, hospitales o poblados.

El diseño de esta planta se parametrizará de tal forma que se podrá hacer un biodigestor en cada zona demandada en función de:

- Las condiciones climatológicas y por tanto del tiempo de retención en el biodigestor.
- Los residuos de los que se dispongan para alimentar el biodigestor.
- La capacidad del biodigestor en función del número de personas que vayan a hacer uso de este gas.

Inicialmente se realizará un estudio de viabilidad de la zona en la que se quiera desarrollar el proyecto. En función de las condiciones y recursos de los que se disponga se determinará si es posible o no implantarlo y en caso de que lo sea, como hacerlo.

Además de la implantación ya que es un proyecto con propósito, se busca que la planta se pueda explotar a largo plazo, aportando un suministro de gas durante el mayor tiempo posible. Para que esto ocurra, se proporcionará una guía de implantación y mantenimiento detallada. Es decir, la propuesta de valor del proyecto se resume en los siguientes puntos:

1	Estudio de viabilidad tanto del entorno (inputs) como del dimensionamiento de la solución (familias, poblaciones pequeñas, poblaciones medias, poblaciones grandes, cooperativas)
2	Diseño optimizado que ayude a obtener el mayor alcance posible en la población (regla del 20/80), el montaje, la operatividad, el mantenimiento y la sostenibilidad de la solución en el tiempo
3	Descripción y cálculos para cada una de las alternativas viables, teniendo en consideración las distintas variables / hipótesis cuando aplique
4	Cálculo de presupuestos y análisis de sostenibilidad
5	Materiales de apoyo de cara a garantizar la sostenibilidad económica y operativa en el tiempo (descripción de elementos necesarios en lugares remotos, montaje, operatividad, manuales de seguridad y mantenimiento)

Tabla 7: Propuesta de valor (Fuente: Elaboración propia)

1.1 MOTIVACIÓN DEL PROYECTO

El principal motivo por el que se ha querido realizar este tipo de proyecto es poder impactar de alguna forma en áreas necesidad. Es por ello por lo que se optó por hacer un proyecto con Manos Unidas.

La idea es poder realizar un proyecto de ingeniería con propósito, que pudiese tener repercusión en la sociedad. Conseguir un impacto social con el mayor alcance posible. Se quiere poder dar flexibilidad, consiguiendo que cuando una organización necesite hacer uso del proyecto, pueda saber la viabilidad del mismo en esa zona en función de los recursos que dispone y su entorno. Además, en caso de ser viable, poder ejecutar el proyecto y llevar a cabo el mantenimiento del sistema de manera sostenible en el tiempo.

El segundo motivo para realizar este tipo de proyecto es la necesidad de abastecer con energía, en este caso gas, las zonas a las que no llega la red o que no tienen capacidad de disponer de este recurso de forma permanente.

Por último, se buscaba un proyecto relacionado con las energías renovables ya que hoy en día están todavía desarrollándose, pero tienen un gran potencial sobre todo con el tema de conseguir la neutralidad del carbono en el mundo.

Capítulo 2. DESCRIPCIÓN DE LA TECNOLOGÍA

En este proyecto se hará uso de una tecnología que se está desarrollando como energía alternativa y que podría ser una gran ventaja para países con poco acceso a la red eléctrica, este tipo de gas se denomina biogás.

Este proceso consiste en un proceso de digestión anaeróbica del que se obtiene el biogás para el uso de las cocinas y por otro lado un producto al que se le denomina digestato o biol, que se puede aprovechar como fertilizante natural y mejora mucho el rendimiento de las cosechas.

Para conseguir este tipo de gas se diseñará una planta acorde con las condiciones del lugar en cuestión. Esta planta consiste en un biodigestor, el cual es capaz de convertir el estiércol de diversos animales, restos de agricultura, plantas o restos alimenticios en un gas combustible.

Con esto, los biodigestores proporcionarán a niños y enfermos una fuente barata de combustible de forma directa. Además, se estará evitando la contaminación ambiental en estos países ya que el estiércol acumulado en grandes cantidades es perjudicial para la salud llegando a causar enfermedades en el ser humano.

El biogás se puede usar de una forma similar a la del gas natural, su calidad se mide en función de la proporción de metano de la que disponga, siendo un 80-90% una muy alta calidad. El biogás se suele componer de 50-70% de metano, 25-45% de dióxido de carbono, 2-8% de vapor de agua y trazas de O₂, N₂, NH₃, H₂ y H₂S. [1].

En cuanto al contenido energético del gas depende de su contenido en metano, sin embargo, el poder calorífico medio del biogás es alrededor de unos 21-23,5 MJ/m³ o 6,27 KWh/m³, produciendo así con 1 m³ de biogás 0,6 L de combustible diésel o 6 KWh. [1]. Una vez conocida la conversión, como no todos los residuos generan la misma cantidad de biogás, la

forma de calcular la cantidad de gas producida y por tanto sus KWh en función de los residuos con los que se alimenten el biodigestor se mostrarán más adelante en la memoria.

Capítulo 3. ESTADO DE LA CUESTIÓN

Como ya se ha dicho en el capítulo 1 el objetivo de este proyecto es hacer el diseño de un biodigestor en cualquier región donde opera Manos Unidas que lo necesite. Sin embargo, este tipo de tecnología ya ha sido utilizada en otras ocasiones y por otras empresas. En este caso se busca desarrollar un sistema que cumpliendo con unos requisitos mínimos pueda llegar a ser utilizada.

Cuando se planteó el marco del problema se resumió en 3 puntos clave:

- Gran potencial en países no tan desarrollados que se dedican mayormente a la agricultura o ganadería y a la explotación de los mismos.
- Generación de gas para cocinas de colegios y hospitales haciendo uso del estiércol de los animales de los que se disponga en la zona y el uso de las excretas humanas de niños y adultos para la producción de este biogás.
- Parametrización del biodigestor.

En el mercado se observa que este tipo de tecnología se ha llevado a cabo sobre todo en poblados y familias de pequeño tamaño. En este proyecto no se descarta este tipo de objetivo, pero se ha querido llegar más lejos con colegios y hospitales ya que va a requerir biodigestores de mayor tamaño, lo que es un reto. Por ello, la propuesta para los casos de uso inicialmente ha sido:

			
	COOPERATIVAS DE ANILAMES	COLEGIOS Y HOSPITALES	POBLADOS
INPUTS	CUÍ OVINOS VACAS	SOBRANTE COMIDA Y AGUAS RESIDUALES	CUÍ OVINOS VACAS
TAMAÑO BIODIGESTOR	40-55 m ³		6-14 m ³

Tabla 8: Propuesta inicial del proyecto (Fuente: Elaboración propia)

Esta imagen refleja la idea inicial del proyecto y las áreas en las que se podría llegar a desarrollar este tipo de tecnología. Los animales que aparecen en la tabla son un ejemplo de los que se han utilizado en proyectos anteriores de Manos Unidas y que se han utilizado como referencia.

Las cooperativas de animales son un campo que se planteó al principio del proyecto pero que a medida que se ha desarrollado e investigado se ha llegado a la conclusión que no tiene tanto potencial en cuanto a casos de uso, por lo que se ha descartado de objeto de estudio.

Capítulo 4. DEFINICIÓN DEL PROYECTO

Los objetivos del proyecto están relacionados en parte con la motivación descrita en el Capítulo 1. Si se tuvieran que resumir estos serían:

- Abastecer con gas zonas donde tienen difícil acceso a la red o que sus condiciones de vida no se lo permiten como son algunas regiones de países subdesarrollados.
- Obtención de una energía limpia y reducción de la contaminación aprovechando residuos que podrían considerarse desperdicio.

Estos dos puntos están enfocados a la cuestión técnica ya que se trata de conseguir una forma de obtener energía sin tener un acceso directo a la red, lo cual beneficiaría a muchas zonas remotas del mundo, y por otro lado impulsar el mundo de las energías renovables reduciendo así la huella del carbono.

4.1 DEFINICIÓN DEL PROCESO

La producción de biogás ocurre mediante la digestión anaeróbica el cual consiste en un proceso microbiológico de la descomposición de la materia en ausencia de oxígeno. Como se ha mencionado anteriormente este gas se compone principalmente de metano y dióxido de carbono.

Durante el proceso de la digestión anaeróbica el calor generado es muy bajo comparado con la descomposición aeróbica. La energía está directamente relacionada con el sustrato y permanece principalmente en el biogás en forma de metano, por ello el biogás con alta proporción de metano podrá proporcionar más horas de energía.

La formación del biogás es el resultado de varias etapas, las cuales se describirán más adelante, en el que la materia inicial se va descomponiendo en unidades cada vez más

pequeñas. En cada uno de los grupos existen unos microorganismos encargados de realizar dicha acción descomponiendo sucesivamente los productos de los pasos anteriores. Estas etapas son: hidrólisis, acidogénesis, acetogénesis y metanogénesis y sus procesos se muestran en el esquema a continuación:

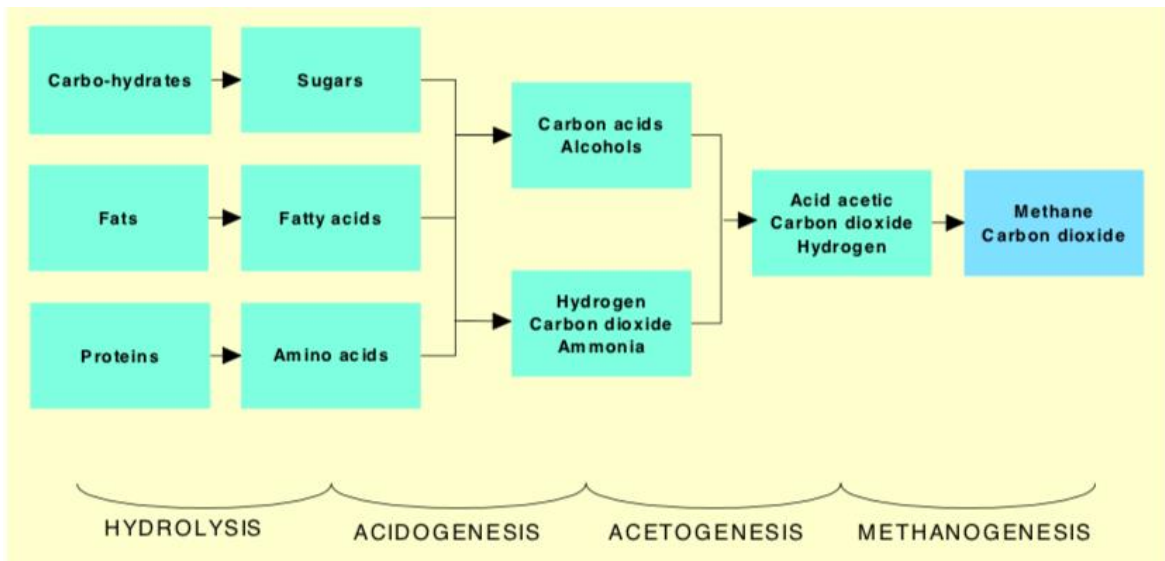


Figura 9: Etapas del proceso de producción de biogás (Fuente: Biogas Handbook[2])

Estas etapas mencionadas ocurren de forma sucesiva dentro del biodigestor y, por tanto, la velocidad del proceso está determinada por el cuello de botella, es decir, por la reacción más lenta en la cadena. Durante la hidrólisis se producen cantidades pequeñas de biogás en comparación con el resto y el proceso alcanza su máxima obtención durante la metanogénesis.

4.1.1 HIDRÓLISIS

La hidrólisis se considera el primer paso del proceso en el cual la materia orgánica más compleja (polímeros) comienzan a descomponerse en unidades más pequeñas denominadas monómeros y oligómeros. Durante esta etapa los polímeros como carbohidratos, lípidos, proteínas o ácidos nucleicos se convierten en otros como glucosa, pruinosa, glicerol y piridinas.

En la reacción química que ocurre, los microorganismos hidrolíticos excretan enzimas hidrolíticas, convirtiendo los biopolímeros en compuestos más solubles y simples. Esta reacción se puede simplificar en [2]:

Lípidos → ácidos grasos, glicerol

Proteínas → aminoácidos

Polisacárido → monosacárido proteasa

Una variedad de microorganismo está involucrada en la hidrólisis que se encargan de descomponer el material no disuelto. Además, los productos resultantes que se obtienen de la hidrólisis se descomponen más aún y se utilizan para sus propios procesos metabólicos.

4.1.2 ACIDOGÉNESIS

Durante la acidogénesis, las bacterias denominadas acidogénicas se encargan de convertir los productos de la hidrólisis en sustratos metanogénicos. Los aminoácidos, azúcares simples y los ácidos grasos se degradan en acetato, dióxido de carbono e hidrógeno que suponen el 70% del resultado y en ácidos volátiles y alcoholes que forman el 30 % restante.

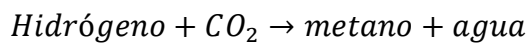
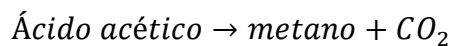
4.1.3 ACETOGÉNESIS

Los productos formados en la acidogénesis que sus bacterias no han podido convertir de forma directa en metano se convierten en los denominados sustratos metanogénicos durante la acetogénesis. Los ácidos volátiles y los alcoholes se oxidan en sustratos metanogénicos como acetato, hidrógeno y CO₂.

La producción de hidrógeno durante esta etapa aumenta la presión parcial del mismo. Esto se puede considerar un producto de desecho de la acetogénesis e inhibe el metabolismo de las bacterias acetogénicas. Este hidrógeno sobrante será convertido en metano en la metanogénesis.

4.1.4 METANOGÉNESIS

La producción definitiva de metano y dióxido de carbono se lleva a cabo en esta etapa por las bacterias metanogénicas. El 70% del metano resultante viene del acetato mientras que el 30% sobrante proviene de la conversión de hidrógeno y dióxido de carbono según las siguientes reacciones [2]:



La metanogénesis se considera un importante paso en el proceso de la digestión anaeróbica ya que es la reacción química más lenta de todo el proceso. Este tiempo se ve afectado por variedad de factores como son la materia prima, la temperatura o la frecuencia con la que se alimente el biodigestor.

Al igual que algunos factores pueden acelerar o ayudar a terminar este proceso antes, hay otros que pueden provocar la terminación como la sobrecarga del biodigestor, los cambios drásticos de temperatura o la entrada de oxígeno.

4.2 TIPO DE BIODIGESTORES

Existen diferentes tipos de biodigestores, los cuales requieren distintos niveles de inversión y de mantenimiento a largo plazo. En este documento se van a tratar los tres biodigestores principales.

4.2.1 BIODIGESTOR DE ESTRUCTURA FLEXIBLE

Consiste en un biodigestor hecho con un plástico de doble capa de polietileno tubular. Este plástico se dobla en cada extremo alrededor de unos tubos de PVC de 6 pulgadas los cuales están directamente conectados a la caja de entrada y de salida del sistema. Como este tipo de biodigestor es considerado el más económico se suele utilizar para proyectos con menos

presupuesto o recursos como es este caso. En ellos usan para atar el plástico, una correa de caucho de cámaras de neumáticos recicladas.

Uno de los inconvenientes que tiene este tipo de biodigestor es la vida útil de los tubos de plástico y que el material es sensible a la luz y la abrasión. Por ello, se proporcionará con el proyecto la documentación necesaria para el mantenimiento de este plástico para asegurar el funcionamiento de la planta a largo plazo.



Figura 10: Biodigestor de plástico en un país subdesarrollado (Fuente: Investigación y experiencias de multiplicación en países tropicales- Proporcionado MMUU [3])

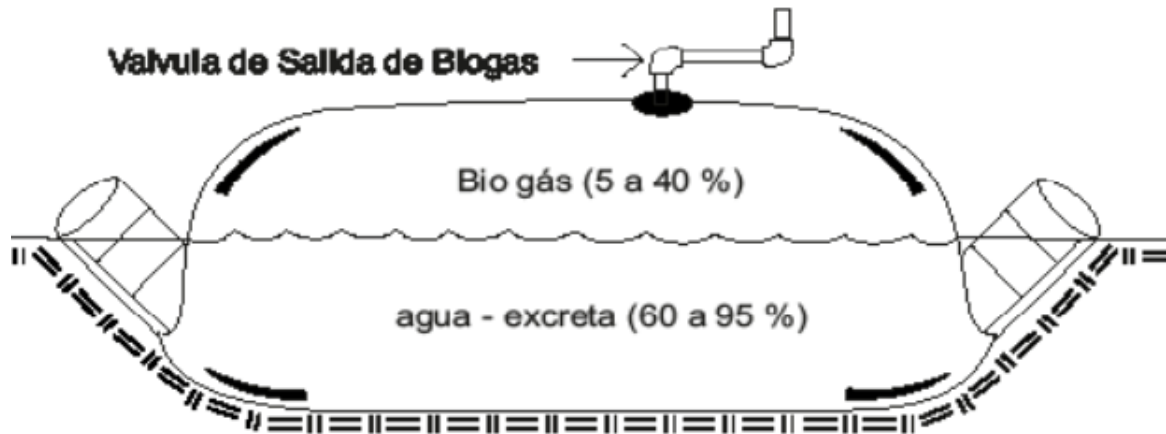


Figura 11: Representación gráfica del biodigestor de plástico (Fuente: Manual tecnología para la agricultura [4])

4.2.2 BIODIGESTOR DE DOMO FIJO O CÚPULA FIJA

Estos biodigestores están armados en una sola estructura construidos en materiales rígidos como por ejemplo ladrillos. En el interior de este se pueden alcanzar altas presiones y por eso se recomienda construirlo en forma de domo o bajo tierra en suelos firmes y estables.

En caso de implementar este sistema hay que tener en cuenta la impermeabilización de la parte interna de su estructura para evitar así el escape de los gases de su interior, lo que implica una mano de obra cualificado lo que tampoco lo hace muy operativo para países subdesarrollados a pesar de tener unos costes relativamente bajos.

El biogás que se produce se almacena en la parte superior de la estructura. En algún diseño existe lo que se denomina un tanque de compensación al que se desplaza parte del gas en el caso de haber sobreproducción. El líquido vuelve al biodigestor cuando baja la presión.

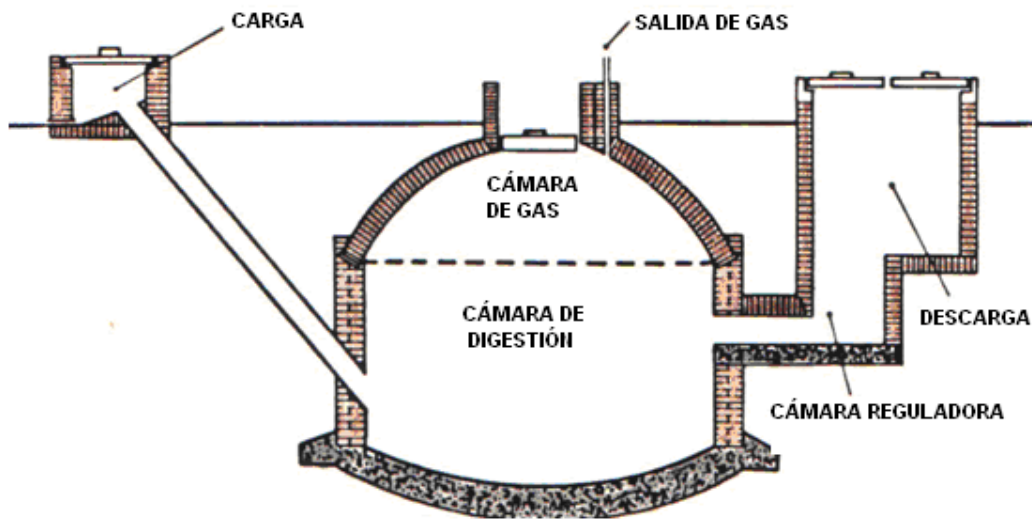


Figura 12: Esquema de un biodigestor de domo fijo (Fuente: Investigación y experiencias de multiplicación en países tropicales- Proporcionado MMUU [3])



Figura 13: Construcción del biodigestor de ladrillo en un país subdesarrollado (Fuente: Investigación y experiencias de multiplicación en países tropicales- Proporcionado MMUU [3])

4.2.3 BIODIGESTOR DE DOMO FLOTANTE O CÚPULA MÓVIL

Este tipo de biodigestor consta de un tambor que originalmente estaba hecho de acero pero que con los años ha sido cambiado por uno de vidrio reforzado para paliar el problema de la corrosión. Habitualmente la pared y el fondo del biodigestor está hecho de ladrillo, pero en ocasiones se suele utilizar el hormigón como refuerzo.

El funcionamiento consiste en que se acumula el gas producido bajo una denominada “tapa flotante” que sube y baja en una guía central. La presión del gas en el interior suele ser entre 4 y 8 cm de columna de agua.

Este tipo de biodigestor no ha sido analizado, fue descartado desde el principio ya que el tambor de acero suele ser difícil de encontrar y requiere un mantenimiento mucho más exhaustivo que el resto por lo que dificulta su operatividad en el caso de países subdesarrollados.

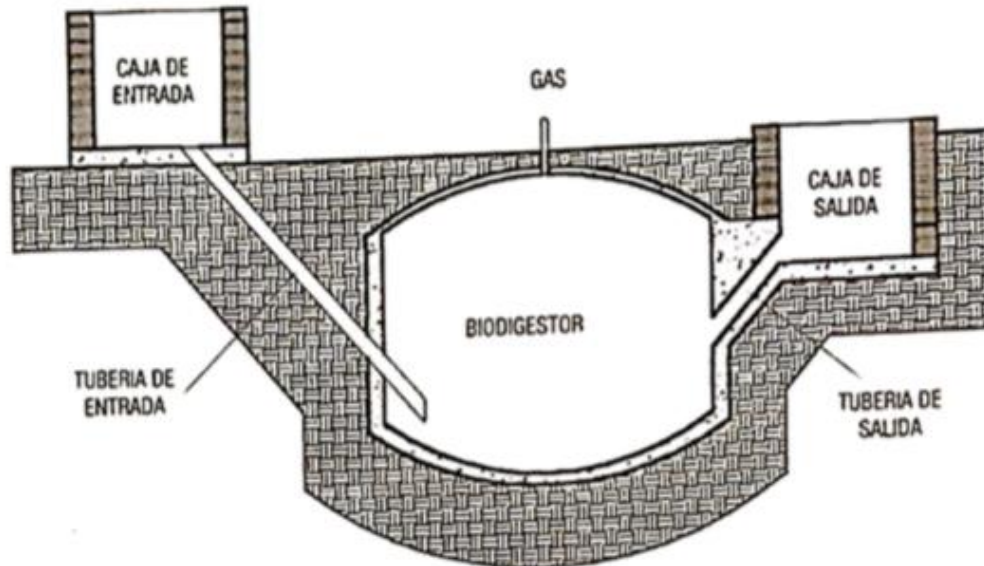


Figura 14: Esquema del biodigestor de domo flotante (Fuente: Investigación y experiencias de multiplicación en países tropicales- Proporcionado MMUU[3])

4.2.4 HOME-BIOGÁS

Este tipo de biodigestor es una tecnología que se ha desarrollado en los últimos años en la que se compra directamente el biodigestor, pudiéndolo instalar en casa de forma sencilla.

Este sistema convierte los sobrantes de comida de una casa y el estiércol de un animal que puedan tener y lo convierte en biogás que se puede utilizar en sus cocinas y fertilizante que pueden utilizar para su propio jardín.

El sistema está diseñado para que solo tengas que montar el Home- Biogás y al introducir los residuos en el interior se produzca la fermentación anaeróbica como se ha explicado en el apartado 4.1.

Como es lógico, este sistema también se ve afectado por las condiciones ambientales y por tanto varía con la ubicación física de la casa. Con este tipo de sistema en el mercado se demuestra que cada vez más se quiere impulsar las energías verdes reduciendo así la huella del carbono en el 2030.



Figura 15: Pasos del funcionamiento del Home-Biogás (Fuente: Home- Biogas [5])

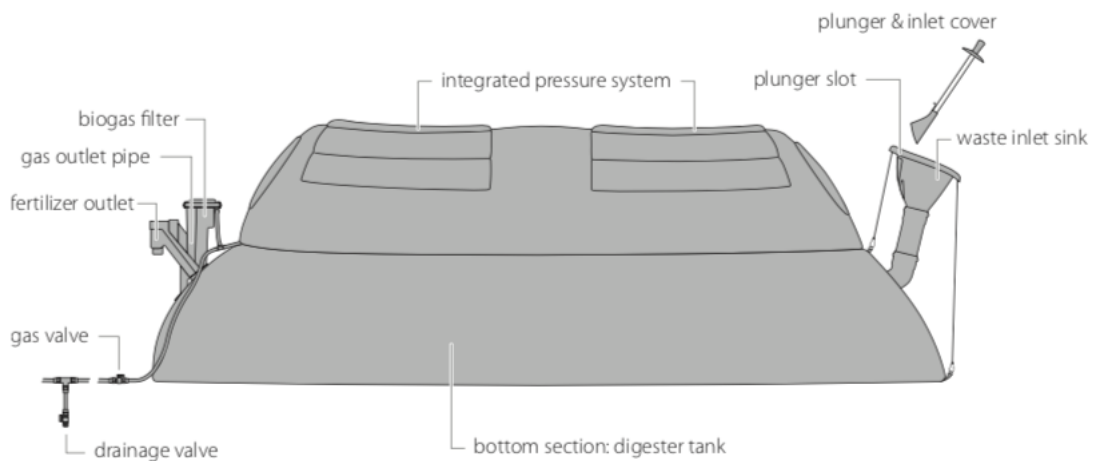


Figura 16: Esquema de Home-Biogás (Fuente: Home-Biogas [5])

Una vez conocidos los tipos de biodigestores, el home-biogás queda descartado. Se analizaron los pros y contras de cada uno de estos biodigestores, de cara a determinar el

óptimo a utilizar en este proyecto. Habrá que decidir entre un biodigestor de estructura flexible o cualquiera de los de cúpula.

A favor del biodigestor de estructura flexible contra el biodigestor de cúpula (ladrillo):

- Es fácil de financiar.
- No requiere una aprobación para la construcción, al contrario del de cúpula que requiere un permiso del gobierno/ autoridad de la región.
- El mantenimiento es más sencillo que el de cúpula ya que el plástico se puede arreglar o reponer más fácil que los ladrillos en el caso de que se rompan.
- El tipo de plástico que se utiliza suele tener protección frente a los rayos solares y permeabilidad frente a la lluvia.
- Una gran ventaja del de estructura flexible es su fácil desplazamiento de un punto a otro. Si se quisiera transportar a otra zona en un radio de distancia considerable puede hacerse evitando la necesidad de tener que construir otro como ocurre con el de ladrillo.

En contra del biodigestor flexible frente al biodigestor de cúpula (ladrillo):

- Se considera un 15% más caro que el de ladrillo.
- Puede tener un bajo tiempo de vida útil debido a los materiales que se necesitan.

Tras este análisis se concluyó que el biodigestor de estructura flexible es mejor para este tipo de proyecto.

4.3 BIODIGESTORES PARA COCINAS

En los últimos años se han estado utilizando otras energías para el consumo en cocinas, sin embargo, las fuentes de energías habituales como son la madera o el diésel tienen numerosas desventajas como por ejemplo que no son una solución sostenible en el largo plazo.

Además de la razón relacionada con el medio ambiente, en estas zonas la conexión a la red eléctrica, en caso de disponer de ella, tienen numerosos problemas. Los generadores de diésel tienen menor coste inicial; sin embargo, tienen un mayor costo por unidad de energía y requiere un mejor mantenimiento, lo cual a veces no es del todo sencillo en estas zonas.

En el caso de la madera que es un recurso natural, también tiene grandes impactos medioambientales y cada vez escasea más, sobre todo con la deforestación que se está viendo en los últimos años.

Por ello como alternativa a estos dos suministros de energía en cocinas se hizo uso de biodigestores con el fin de aprovechar tanto residuos animales como los sobrantes de comida de las propias cocinas. Este tipo de técnica da una solución no muy compleja para suministrar energía, además de que impulsa la mejora de salud y crea una fuente de autoabastecimiento, resolviendo alguno de los desafíos energéticos.

4.4 METODOLOGÍA Y CRONOGRAMA

En primer lugar, para conseguir los objetivos mencionados se estableció un cronograma dividiendo las tareas en cuatro áreas, abordándolas por separado. En la imagen a continuación se puede observar cual fueron las tareas a realizar en cada una de las áreas desde el inicio en octubre de 2021.

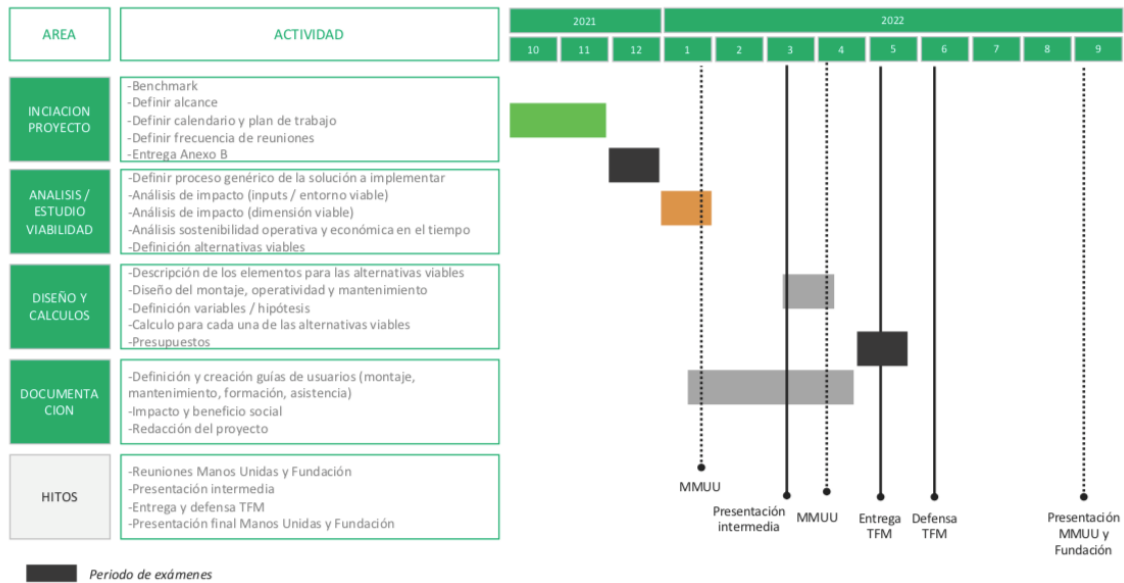


Figura 17: Cronograma del proyecto (Fuente: Elaboración propia)

Lo primero a definir fue el alcance que se quería conseguir en este proyecto. Una vez analizado el tipo de residuo que se iba a utilizar y el biodigestor óptimo se pasó al estudio del proceso y de todas sus etapas.

Una vez se estudie el tipo de residuo, las condiciones climatológicas y la capacidad del biodigestor, se proporcionará toda la documentación necesaria para el montaje y mantenimiento para el futuro operario de la planta en cuestión.

Capítulo 5. DISEÑO DEL SISTEMA

Una vez visto el caso general de la producción de biogás, se pasará al caso estudio pasando por todas las variables y parámetros que se han mencionado en los capítulos anteriores, para ello se hará un estudio de viabilidad en este capítulo.

Los casos estudio que finalmente se van a abordar son las cocinas de colegios y hospitales teniendo para ello un biodigestor de gran tamaño; y las cocinas de pequeños poblados o familias con un biodigestor de menor tamaño.

5.1 ESTUDIO DE VIABILIDAD

Como se ha explicado en la introducción del proyecto, el objetivo es poder implementarlo en cualquier región donde opera Manos Unidas y lo necesite. Sin embargo, las condiciones y recursos de los que disponen estas zonas pueden no ser siempre los adecuados. Es por esto, que antes de empezar a implementar el proyecto en cualquier lugar se requiere realizar un estudio para conocer las condiciones del lugar y a continuación comprobar que para ellas es posible abastecer la demanda.

Una vez conocidas las características de la región se utilizarán esos datos para hacer funcionar la herramienta de cálculo de biogás y dimensionamiento del biodigestor. Esta herramienta se ha desarrollado de tal forma que sea muy sencillo para el usuario saber qué pasos debe seguir para construir el biodigestor que necesita en su caso particular.

5.1.1 PROPIEDADES DE LOS RESIDUOS DE ENTRADA

Los residuos que se utilizan para la producción de este biogás son el estiércol del que pueda disponer en los poblados y en los colegios u hospitales. Lo normal es el uso del estiércol de animal, ya es el que mayor cantidad de biogás es capaz de generar lo cual es una buena opción para el caso de los poblados; sin embargo, para el caso de colegios y hospitales también se podrán tener en cuenta los restos de personas tanto de niño como de adulto.

Para poder estimar la producción de biogás de la planta habrá que conocer la cantidad de estiércol fresco que es viable obtener en la zona en cuestión y para ello se hará uso de la siguiente tabla.

Para el cálculo de estiércol y por tanto la cantidad de m³ de biogás que es capaz de producir, se necesita el tipo de animal y su peso aproximado pudiendo así calcular de forma aproximada el estiércol disponible diario según la siguiente tabla:

Estiércol	Disponibilidad (Kg/día)	Volumen de biogás (m ³ /Kg)
Bovino (500 Kg)	10,00	0,04
Porcino (50 Kg)	2,25	0,06
Aves (2 Kg)	0,18	0,08
Ovino (32 Kg)	1,50	0,05
Caprino (50Kg)	2,00	0,05
Equino (450 Kg)	10,00	0,04
Conejo (3 Kg)	0,35	0,06

Excretas humanas (adulto)	0,40	0,06
Excretas humanas (niños)	0,20	0,06

Tabla 9: Producción de biogás en función del tipo de residuo animal de entrada (Fuente: Manual de biogás [6])

Para el posterior uso de la herramienta que se ha comentado en el apartado anterior, es necesario saber el tipo de animales con los que se pueden contar, el número de animales y el peso aproximado de ellos. Este dato va a servir para poder calcular más tarde el biogás producido diario y ajustarlo de tal forma para abastecer la demanda diaria en cada uno de los casos.

Si en alguno de los casos de estudio se cuenta con una cantidad muy alta de residuos relacionados con la agricultura también se podrían utilizar; sin embargo, se requiere de mucha más cantidad de estos residuos para producir una cantidad de biogás razonable:

Residuos	Cantidad residuo (Ton/ha)	Volumen de biogás (m ³ /Ton)
Cereales (paja)		
Trigo	3,3	367
Maíz	6,4	514
Cebada	3,6	388
Arroz	4,0	352

Tubérculo (hojas)		
Papas	10,0	606
Betarragas	12,0	501
Leguminosas (paja)		
Porotos	3,2	518
Habas	4,0	608
Hortalizas (hojas)		
Tomate	5,5	603
Cebolla	7,0	514

Tabla 10: Producción de biogás en función del tipo de residuo vegetal de entrada (Fuente: Manual de biogás [6])

5.1.1.1 Carga de mezcla diaria

El estiércol que se introduce en la caja de entrada debe estar mezclado con agua, en función del estiércol que se introduzca en el biodigestor se deberá añadir una cantidad de agua u otra. Una de las razones por las que se mezcla con agua es para asegurar que el biodigestor sea de flujo continuo evitando así que se atasque por el exceso de materia sólida en el interior. En la siguiente tabla se puede observar la relación estiércol: agua que se debe introducir en el biodigestor:

Animal	Estiércol: agua
Bovino	1:1
Porcino	1:3
Aves	1:3
Ovino	1:3
Caprino	1:3
Equino	1:3
Conejo	1:3
Excretas humanas (adulto)	1:3
Excretas humanas (niños)	1:3

Tabla 11: Proporción estiércol: agua para la producción de biogás (Fuente: Manual de biogás [6])

Para el uso de la herramienta el usuario no necesita saber esto, una vez conocidos los animales de los que dispone, el peso que tiene y el número, la herramienta hará uso de estas relaciones y calculará la capacidad de biodigestor en metros cúbicos que debe construir.

5.1.2 CONDICIONES CLIMATOLÓGICAS Y TIEMPO DE RETENCIÓN

La cantidad de biogás producida está directamente relacionada con la temperatura a la que ocurra el proceso. A temperaturas muy elevadas el proceso ocurre más rápido que a temperaturas más bajas. En la tabla que se muestra a continuación se pueden ver los tiempos orientativos de retención en el biodigestor en función de la temperatura y por tanto del clima de la zona:

Tiempo de retención	Características
30-40 días	Clima tropical con regiones planas. Ejemplo: Indonesia, Venezuela y América Central.
40-60 días	Regiones cálidas con inviernos fríos cortos. Ejemplo: India, Filipinas Y Etiopía.
60-90 días	Clima temperado con inviernos fríos. Ejemplo: China, Corea, Turquía.

Tabla 12: Tiempo de retención en función de la región: Manual de biogás [6])

Como en los apartados anteriores, para el usuario no es necesario saber cómo afecta el tiempo de retención para el diseño y parametrización del biodigestor. A continuación, se muestra una imagen de la herramienta que se utilizará y donde se introducirán los datos que se han mencionado anteriormente.

Variables para el dimensionamiento de la solución

01. Introduzca el número de seres vivos en la zona:

Humanos (niños)	600
Humanos (adultos)	0
Bovino	30
Porcino	30
Ovino	25
Equino	25


02. Introduzca el peso medio (en kilogramos) de los seres vivos en la zona:

Humanos (niños)	40
Humanos (adultos)	70
Bovino	500
Porcino	50
Ovino	32
Equino	450

03. Seleccione el tipo de clima geográfico en la lista a continuación:

- Clima templado con inviernos fríos (e.g. China, Corea, Turquía)
- Clima tropical con regiones planas (e.g. Indonesia, Venezuela, América Central)
- Regiones cálidas con inviernos fríos cortos (e.g. India, Filipinas, Etiopía)
- Clima templado con inviernos fríos (e.g. China, Corea, Turquía)

Humanos (niños)	600
Humanos (adultos)	0



NOTA IMPORTANTE
Esta solución no es suficiente por sí sola para abastecer a la población

35

Biogás producido al día (m³)

37

Biogás necesario al día (m³)

126

Capacidad biodigestor (m³)

La solución necesita dos biodigestores grandes y uno pequeño en paralelo

Figura 18: Imagen de la pantalla de simulación de la herramienta, introducción de variables (Fuente: Elaboración propia)

Se puede observar en la parte de la izquierda las variables que el usuario debe introducir, de manera que se realiza una parametrización única para cada caso de uso. Además de estos datos se debe conocer el consumo anual en KWh en cocinas aproximado de la región en la que se quiera trabajar y se introducirá también en la herramienta para poder calcular el biogás que se demandaría en cada uno de los casos.

Una vez conocido el biogás demandado diario en el colegio/hospital o poblado se debe ajustar en la herramienta el número de animales que se necesitan de los que se disponen en la zona para poder abastecer esa demanda. En el apartado de diseño y cálculos se proporcionará un mayor detalle del cálculo de todos estos parámetros.

5.1.3 CAPACIDAD DEL BIODIGESTOR

En este apartado se determinará qué tamaño de biodigestor (V_T) se ajusta más a la cantidad demandada. Para ello se necesitará calcular la cantidad de m^3 de biogás necesarios en función del número de personas que vayan a hacer uso del gas.

Una vez más, la herramienta será la que se encargue de determinar la capacidad del biodigestor que se necesitará en función del número de personas que se quiera alimentar, los residuos disponibles y el clima de la zona. La herramienta mostrará en la pantalla la capacidad que se necesita de biodigestor y si se requiere de uno de pequeño tamaño (entre $3-15 m^3$), uno de gran tamaño (entre $40- 55 m^3$) o varios en paralelo.

Variables para el dimensionamiento de la solución

01. Introduzca el número de seres vivos en la zona:

Humanos (niños)	400
Humanos (adultos)	0
Bovino	20
Porcino	10
Ovino	25
Equino	25

02. Introduzca el peso medio (en kilogramos) de los seres vivos en la zona

Humanos (niños)	40
Humanos (adultos)	70
Bovino	500
Porcino	50
Ovino	32
Equino	450


03. Seleccione el tipo de clima geográfico en la lista a continuación:

Clima tropical con regiones planas (e.g. Indonesia, Venezuela, America Central)

Días de retención necesarios en la localización del biodigestor: 35

04. Número de personas a alimentar

Humanos (niños)	400
Humanos (adultos)	0



NOTA IMPORTANTE
El entorno puede suministrar suficiente biogás para abastecer a la población

26

Biogás producido al día (m^3)

24

Biogás necesario al día (m^3)

43

Capacidad biodigestor (m^3)

La solución necesita un biodigestor grande

Figura 19: Imagen de la pantalla de simulación de la herramienta, muestra de la capacidad del biodigestor (Fuente: Elaboración propia)

Una vez introducidos los datos, la pantalla te muestra a la derecha cuál es tu biodigestor óptimo y el tamaño que debes poner. En este caso te sugiere la utilización de un biodigestor grande ($40-55 m^3$). A continuación, se tendría que ir a la sección de montaje, materiales y mantenimiento para seguir con los siguientes pasos.

5.2 DISEÑO Y CÁLCULOS

Una vez conocidos los datos necesarios para el estudio de la zona y el funcionamiento de la herramienta de la que va a hacer uso el usuario, se explicarán los cálculos que está haciendo la herramienta internamente para el diseño y como pasar a la implementación del biodigestor que se haya obtenido.

Para el diseño del biodigestor se hará uso de un esquema sobre el proceso iterativo de cara a optimizar al máximo la producción de biogás. El esquema se muestra a continuación:

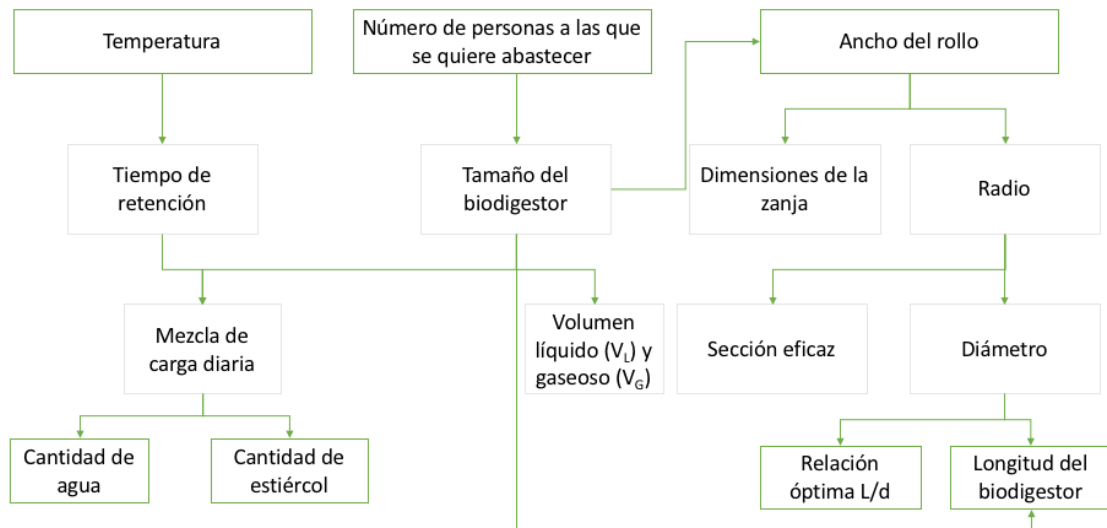


Figura 20: Esquema sobre el dimensionamiento del biodigestor (Fuente: Elaboración propia)

La finalidad de este tipo de proyecto es facilitar la producción de energía para zonas despobladas, esto quiere decir que la recogida de los residuos que se vayan a utilizar en la planta no puede suponer un trabajo mayor que la recogida de leña o madera. Los residuos o estiércol que se vaya a utilizar deberían estar situado a una distancia razonable de la planta.

5.2.1 VOLUMEN DEL BIODIGESTOR

El volumen del biodigestor consta de una parte líquida (V_L) y otra gaseosa (V_G), la proporción suele ser un 75% del volumen forma la fase líquida y el 25% la parte gaseosa.

- **Volumen gaseoso** (V_G): corresponde al biogás que se produce y que se acumula en la parte superior. Como se trata de un biodigestor de polietileno tubular se formará una especie de campana donde se formará el biogás y que da forma al biodigestor.

$$V_T = V_G + V_L$$

$$V_G = \frac{1}{4} * V_T$$

$$V_L = \frac{3}{4} * V_T$$

- **Volumen líquido** (V_L): la carga diaria se mezcla con agua para que pueda ser digerida por las bacterias de forma más sencilla y es necesario que esté en el biodigestor tanto tiempo como el tiempo de retención.

Para calcular el volumen total del biodigestor se debe tener en cuenta los Kg de estiércol que se introducen y la cantidad del agua. Se conoce la cantidad de Kg de estiércol que se producen por animal según la tabla:

Estiércol	Disponibilidad (Kg/día)	Volumen de biogás (m ³ /Kg)
Bovino (500 Kg)	10,00	0,04
Porcino (50 Kg)	2,25	0,06
Aves (2 Kg)	0,18	0,08
Ovino (32 Kg)	1,50	0,05
Caprino (50Kg)	2,00	0,05
Equino (450 Kg)	10,00	0,04
Conejo (3 Kg)	0,35	0,06
Excretas humanas (adulto)	0,40	0,06
Excretas humanas (niños)	0,20	0,06

Tabla 13: Producción de biogás en función del tipo de residuo animal de entrada (Fuente: Manual de biogás [6])

Con una simple regla de 3 se puede calcular el estiércol que produce cualquier animal de cualquier peso. Una vez conocida la disponibilidad en Kg/ día se calcula para el número total de animales, es decir:

$$Kg \text{ estiércol} = \text{disponibilidad} \left(\frac{Kg}{\text{día}} \right) * n^{\circ} \text{ de animales}$$

Siendo el volumen total de biogás producido:

$$V \text{ de biogás producido (m}^3\text{)} = Kg \text{ estiércol (Kg)} * \text{volumen de biogas} \left(\frac{m^3}{Kg} \right)$$

Sin embargo, este valor no es el volumen del biodigestor ya que hay que tener en cuenta que hay que mezclarlo con una cantidad de agua según la siguiente tabla:

Animal	Estiércol: agua
Bovino	1:1
Porcino	1:3
Aves	1:3
Ovino	1:3
Caprino	1:3
Equino	1:3
Conejo	1:3
Excretas humanas (adulto)	1:3
Excretas humanas (niños)	1:3

Tabla 14: Proporción estiércol: agua para la producción de biogás (Fuente: Manual de biogás [6])

Como 1 Kg es equivalente a 1 Litro, se añadirá la cantidad de litros de agua proporcional a los Kg de estiércol que se hayan introducido obteniendo:

$$Volumen\ total\ (Litros) = \sum_1^{n^{\circ}\ animales} Kg\ estiércol + Litros\ de\ agua$$

Como al principio se determinó el clima del lugar y por tanto el tiempo de retención:

$$V_{biodigestor}(V_L) = Volumen\ total\ (Litros) * Tiempo\ de\ retención$$

Sin embargo, la capacidad del biodigestor se suele conocer en metros cúbicos por lo que:

$$V_L(m^3) = V_{biodigestor}(litros)/1000$$

Con estos cálculos se obtendrá la capacidad que debería tener el biodigestor en m³, siendo éste el valor que aparece a la derecha del todo en la pantalla de la herramienta. Hay que tener en cuenta que a pesar de que se obtengan distintas capacidades solo hay dos tipos de biodigestores, para cualquier capacidad entre 40-55 m³ que se obtenga de la herramienta se utilizará un biodigestor grande; y para cualquier capacidad entre 3-15 m³ se utilizará un biodigestor pequeño.

La herramienta además de comunicarte la capacidad, también te dice que tipo debes utilizar:

Variables para el dimensionamiento de la solución

01. Introduzca el número de seres vivos en la zona:

Humanos (niños)	400
Humanos (adultos)	0
Bovino	20
Porcino	10
Ovino	25
Equino	25

02. Introduzca el peso medio (en kilogramos) de los seres vivos en la zona:

Humanos (niños)	40
Humanos (adultos)	70
Bovino	500
Porcino	50
Ovino	32
Equino	450


03. Seleccione el tipo de clima geográfico en la lista a continuación:

Clima tropical con regiones planas (e.g., Indonesia, Venezuela, América Central) 35

Días de retención necesarios en la localización del biodigestor

04. Número de personas a alimentar

Humanos (niños)	400
Humanos (adultos)	0



NOTA IMPORTANTE
El entorno puede suministrar suficiente biogas para abastecer a la población

26 <small>Biogas producido al día (m3)</small>	24 <small>Biogas necesario al día (m3)</small>	43 <small>Capacidad biodigestor (m3)</small>
----------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------

La solución necesita un biodigestor grande

Una vez se determine esto, se observará en el resto de documento que para la parte de montaje se referirá en todo momento a dos casos distintos y según el resultado que haya proporcionado la herramienta habrá que seguir uno u otro.

5.2.2 VOLUMEN DEL TUBO DE LAS CAJAS DE ENTRADA Y SALIDA

El biodigestor y las cajas de entrada y salida están unidas mediante unos tubos hechos con el plástico amarrados por ambos extremos. El volumen de estos tubos son equivalentes al volumen de un cilindro, las ecuaciones a tener en cuenta para el diseño de estos tubos son:

$$V_{cilindro} = \pi * L$$

$$Sección\ eficaz_{cilindro} = \pi * r^2$$

$$r = \frac{\text{ancho del rollo}}{\pi}$$

Siendo:

- $\pi = 3,1416$
- r = radio del tubo
- L = longitud del biodigestor
- Ancho del rollo = 1,25 para pequeños y 2,5 para grandes

Ancho del rollo (m)	Radio (m)	Sección eficaz(m ²)
1,25	0,4	0,5
2,5	0,8	2

Tabla 15: Dimensiones del plástico de polietileno (Fuente: Guía biodigestores [7])

Una vez conocido el volumen total del biodigestor y las secciones eficaces de los plásticos utilizados se puede determinar la longitud del biodigestor que se necesita.

$$L = \frac{V_T}{\pi * r^2}$$

El volumen total dependerá del número de personas que tenga el destino en cuestión y por tanto del tamaño del biodigestor determinado con la herramienta.

Ancho del rollo (m)	Longitud del biodigestor (m)
1,25	$V_T/0,5$
2,5	$V_T/2$

Tabla 16: Determinación de la longitud del biodigestor (Fuente: Guía biodigestores)

5.2.3 RELACIÓN ÓPTIMA ENTRE DIÁMETRO Y LONGITUD DEL BIODIGESTOR

Como se ha podido apreciar en los apartados anteriores, existirán dos posibilidades diferentes de longitudes y anchos de rollo, sin embargo, para que esté bien parametrizado y se considere que el cálculo del volumen y sus dimensiones es correcto se debe cumplir que la relación entre la longitud del biodigestor y de su diámetro tiene que estar entre un rango de 5-10:

$$\frac{L}{d} = 5 - 10 \text{ para que sea una parametrización óptima}$$

5.2.4 DIMENSIONES DE LA ZANJA

La fosa no tiene forma rectangular, sino que se construye con paredes inclinadas para que la mezcla consiga fluir de forma adecuada. La inclinación de las paredes provoca que se separen mejor las fases de la acidogénesis y metanogénesis. Para dimensionar la zanja en la que se introducirá el plástico del biodigestor, no puede ser rectangular. Las medidas que se necesitan para el dimensionamiento son:

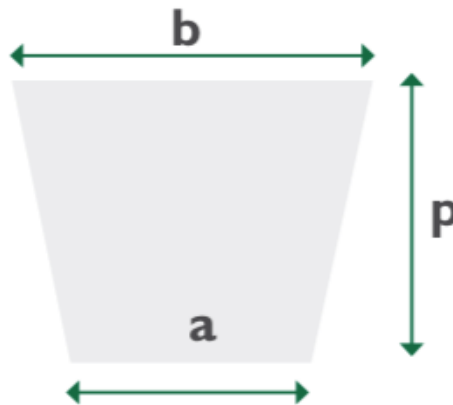


Tabla 17: Esquema de la zanja (Fuente: Guía biodigestores)

Medidas (m)	Ancho del rollo = 1,25 (m)	Ancho del rollo = 2,5 (m)
a	0,8	2
b	1,2	2,6
p	1	1,5

Tabla 18: Dimensiones de la zanja (Fuente: Guía biodigestores)

5.3 MATERIALES Y MONTAJE

En resumen, los tamaños de biodigestor que plantea este proyecto son de pequeño y gran tamaño. Los biodigestores de plástico de flujo continuo están contruidos con una bolsa de polietileno tubular calibre 8 con protección contra rayos ultravioleta. Los diámetros comunes del plástico para los tamaños planteados son:

- **Caso poblados**: 1,25 m para biodigestores de 3 a 15 m³, los cuales serán utilizados para pequeñas familias y poblados.
- **Caso colegios y hospitales**: 2,5 m para los biodigestores de mayor tamaño de 40- 55 m³, los cuales se utilizarán para colegios y hospitales en la que la demanda sea mayor.

Las cajas de entrada y salida son iguales independientemente del tamaño del biodigestor ya que solo sirve para depositar los residuos y recoger el digestato que ha sobrado del proceso.

Los materiales son los siguientes:

Caso poblados: Biodigestores pequeños (3-15 m³):

- **Para la caja de entrada y salida**:
 - 40 ladrillos.
 - Medio bulto de cemento.
 - 0,25 m³ de arena.

- 1 tubo de gres o cemento de 10 pulgadas.
- Para la salida del biogás:
 - Un acople de macho roscado de PVC de 1 pulgada.
 - Un acople hembra roscado de PVC de 1 pulgada.
 - Dos arandelas de neumático de carro.
 - Dos arandelas metálicas de 15 cm de diámetro y agujero central de 1 pulgada
 - 1 m de tubo PVC de 1 pulgada
- Para la válvula de seguridad:
 - 30 cm de tubo de PVC de 1 pulgada.
 - 1 T de PVC de 1 pulgada.
 - 2 niples de 20 cm en PVC de 1 pulgada.
 - 1 frasco o envase de plástico transparente.
- Para la conducción del biogás:
 - Tubo PVC de 1 pulgada

Caso colegios y hospitales: Biodigestores grandes (40-55 m³):

- Para la caja de entrada y salida:
 - 220 ladrillos.
 - 2 bultos de cemento.
 - 0,4 m³ de arena.
 - 1 tubo de gres o cemento de 12 pulgadas.
- Para la salida del biogás:
 - Un acople de macho roscado de PVC de 1,5 pulgadas.
 - Un acople hembra roscado de PVC de 1,5 pulgadas.
 - Dos arandelas de neumático de carro.
 - Dos arandelas metálicas de 15 cm de diámetro y agujero central de 1,5 pulgadas.
 - 1 m de tubo PVC de 1,5 pulgadas.
- Para la válvula de seguridad:

- 30 cm de tubo de PVC de 1,5 pulgadas.
- 1 T de PVC de 1 pulgada.
- 2 niples de 20 cm en PVC de 1,5 pulgadas.
- 1 frasco o envase de plástico transparente.
- Para la conducción del biogás:
 - Tubo PVC de 1,5 pulgadas.

El montaje del biodigestor consiste en una bolsa de polietileno tubular de calibre 8 con protección contra rayos ultravioleta ya que va a estar expuesto al sol en todo momento. Normalmente se dobla el plástico consiguiendo así una doble capa con mayor resistencia.

A continuación, la bolsa será instalada en el interior de una fosa cuyas dimensiones dependerá del diámetro del plástico utilizado y que se ha mostrado en este mismo apartado.

5.3.1 FOSA Y MONTAJE DE LAS CAJAS DE ENTRADA Y SALIDA

En primer lugar, se debe realizar la excavación de la fosa en función del tamaño de biodigestor que se va a construir. En este primer paso se determinará si se quiere de pequeño o gran tamaño para utilizar el plástico de 1,25 m o de 2,5 m de diámetro.

Además, en cada extremo de la fosa se necesitará excavar un hueco tanto para la caja de entrada como la de salida. Estas cajas se construirán con los materiales mencionados en este mismo apartado y las dimensiones son las siguientes:

a) Caja de entrada:

Caso	Dimensiones
<i>Pobladors: Biodigestores pequeños (3-15m³)</i>	0,7 m X 0,7 m X 0,7 m
<i>Colegios y hospitales: Biodigestores grandes (40-55m³)</i>	1,2 m X 1,2 m X 1,5 m

Tabla 19: Dimensiones caja de entrada (Fuente: Elaboración propia)

b) Caja de salida:

Caso	Dimensiones
<i>Pobladors: Biodigestores pequeños (3-15m³)</i>	0,5 m X 0,5 m X 0,75 m
<i>Colegios y hospitales: Biodigestores grandes (40-55m³)</i>	1 m X 1 m X 1 m

Tabla 20: Dimensiones caja de salida (Fuente: Elaboración propia)

Para ambas cajas se debe instalar un tubo en la parte que da a la fosa y asegurarse que están sobresaliendo 0,7 m hacia la fosa y que están nivelados entre ellos. En la figura que se muestra a continuación se puede ver como debe ser el resultado final de las cajas:

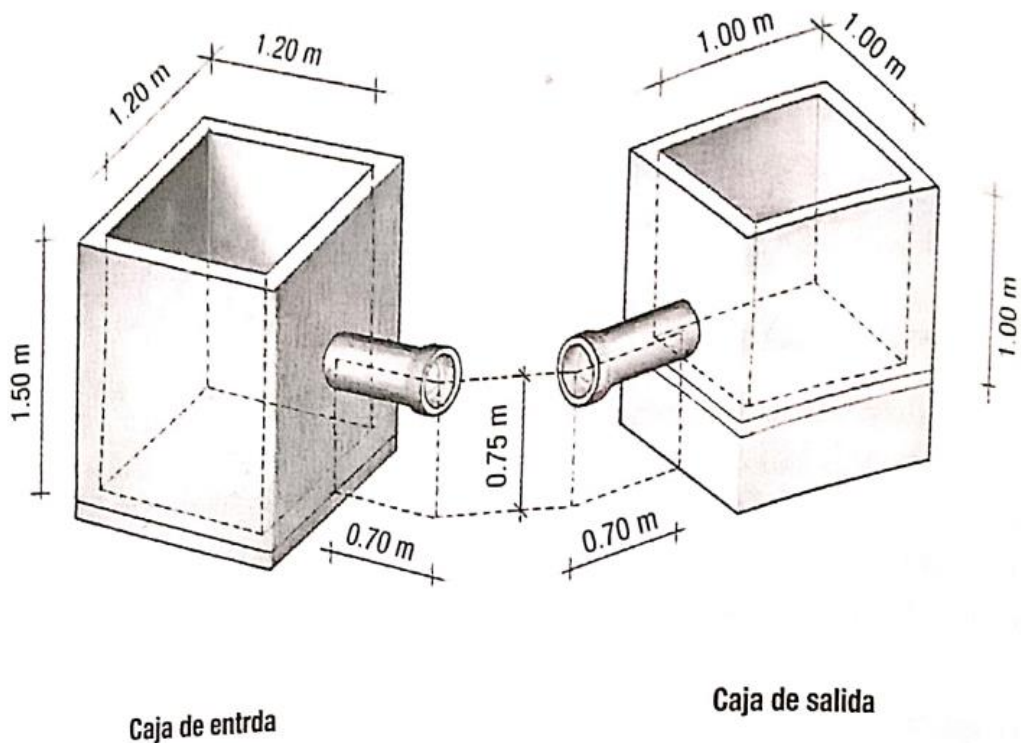


Figura 21: Cajas de entrada y salida del biodigestor (Fuente: Investigación y experiencias de multiplicación en países tropicales- Proporcionado MMUU)

5.3.2 PREPARACIÓN DEL PLÁSTICO DEL BIODIGESTOR Y EL AMARRE DE ESTE A LAS CAJAS DE ENTRADA Y SALIDA CONSTRUIDAS.

Para saber el largo exacto de plástico que se necesita para cada uno de los casos:

Caso poblados: Biodigestores pequeños (3-15 m³):

El largo del plástico debe ser igual al largo de la fosa más 1 m adicional de plástico a cada lado para el amarre de los tubos de las cajas de entrada y salida.

Caso colegios y hospitales: Biodigestores grandes (40-55 m³):

El largo del plástico debe ser igual al largo de la fosa más 2 m adicional de plástico a cada lado para el amarre de los tubos.

Una vez se conocen las dimensiones exactas del plástico, se debe comprobar que la fosa está libre de piedras, ramas o cualquier objeto que pueda romper el plástico, y extiende el plástico sobre la fosa. El plástico se debe doblar como se muestra a continuación:

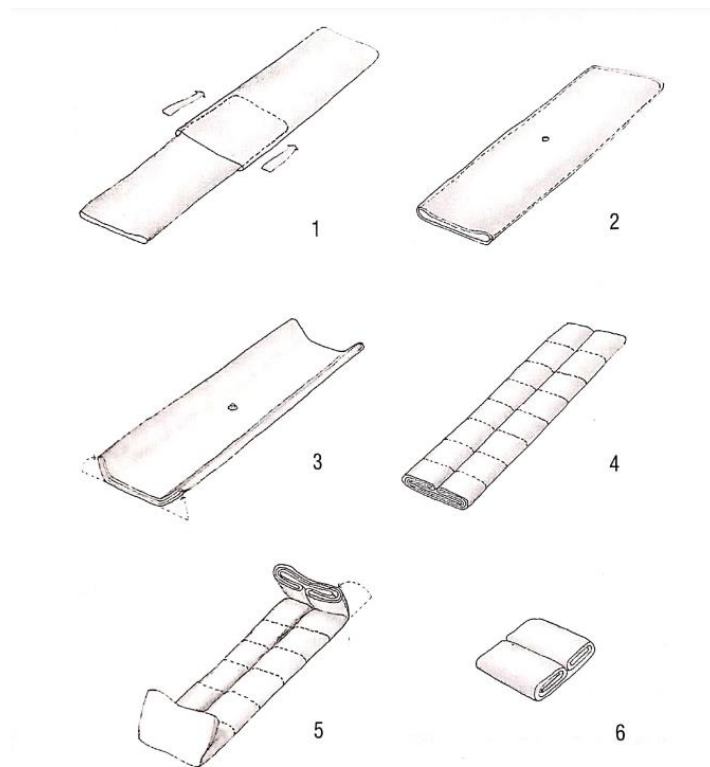


Figura 22: Preparación del plástico del biodigestor (Fuente: Investigación y experiencias de multiplicación en países tropicales- Proporcionado MMUU)

5.3.3 MONTAJE DE LA INSTALACIÓN DE SALIDA DEL BIOGÁS

En segundo lugar, se procede a la instalación de la salida de biogás. La salida se colocará en la parte superior de la bolsa, aproximadamente a la mitad de la longitud de esta. Para su instalación se debe realizar un orificio de 0,75 pulgadas que atraviese las dos bolsas. Desde la parte interna de la bolsa y por el hueco hecho se introducirá el extremo roscado de uno de los adaptadores macho de PVC en la que se colocará también una arandela de aluminio y otra de neumático para que el roce de la arandela metálica no rompa el plástico.

Una vez colocada, desde el exterior las dos mismas arandelas y se enroscará la hembra sobre el macho. A continuación, se muestra una figura de cómo debería quedar la instalación:

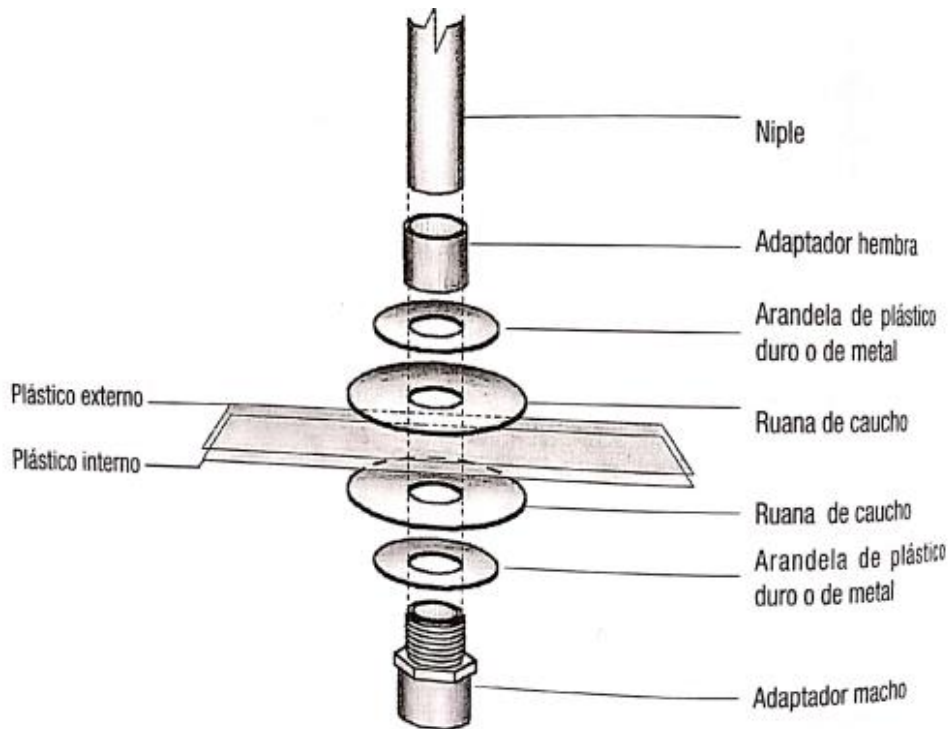


Figura 23: Instalación de la tubería de salida del biodigestor (Fuente: Investigación y experiencias de multiplicación en países tropicales- Proporcionado MMUU)

5.3.4 INSTALACIÓN DE LOS TUBOS DE ENTRADA Y SALIDA

En tercer lugar, tras colocar el plástico sobre la fosa con el extremo de cada tubo en las cajas de entrada y salida, se hacen pliegues para cubrir el tubo y se atan al tubo por medio de unas correas de neumático de 5 cm de ancho hasta que quede bien sujeto, es importante asegurarse de que está bien sujeto y de que no existen fugas. Antes de todo se debe proteger la parte del tubo que va a estar en el interior del plástico para que durante la manipulación no dañe el plástico.

Una vez los tubos están amarrados, se debe tensionar bien el plástico de forma que no haya ninguna arruga ni pliegue ya que eso puede empeorar la efectividad del proceso. Después se debe hinchar el plástico mediante un ventilador o un extracto de aire.



*Figura 24: Resultados de los tubos de entrada y salida del biodigestor en proyectos de Manos Unidas
(Fuente: Proporcionado por MMUU)*

5.3.5 MONTAJE DE LA VÁLVULA DE SEGURIDAD

En cuarto lugar, se hará la instalación de la válvula de seguridad. Esta válvula se colocará como medio de conectar el biodigestor con el sitio de consumo, tiene como objetivo sellar la salida del biogás en unas condiciones estándar, pero permitirla en caso de haber un exceso de presión.

Se hace un agujero en la parte superior del envase de plástico y se coloca una Tee en la salida del biodigestor permitiendo que el biogás fluya hacia la cocina por la segunda y que por la tercera salida se una a la botella llena de agua mediante una tubería, estando esta sumergida entre 8 y 13 cm dependiendo de la altura sobre el nivel del mar del lugar.

- Mayor altura sobre el nivel del mar, se necesita menos presión y por tanto el tubo puede estar sumergido alrededor de 8 cm.
- Menor altura sobre el nivel del mar, se necesita mayor presión y por tanto el tubo deberá estar sumergido 13 cm.

A continuación, se muestra un esquema de cómo debe ser la instalación y la imagen que tiene esta parte de la instalación en la vida real.

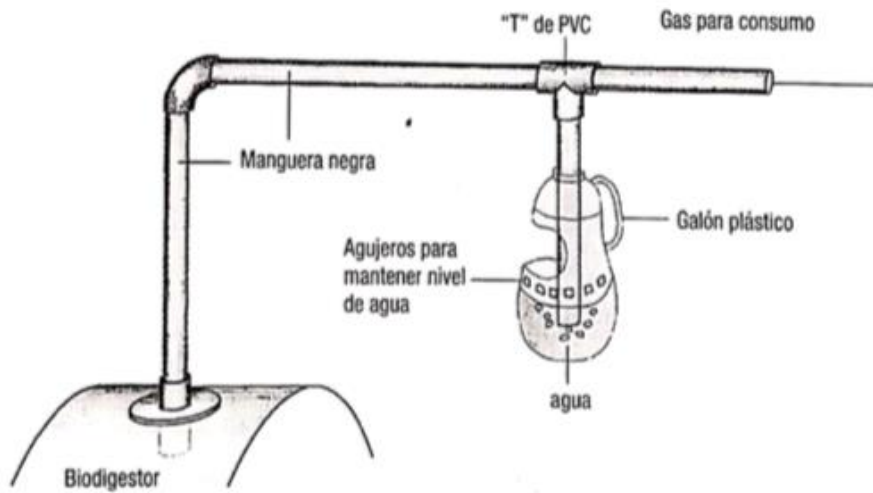


Figura 25: Montaje de la válvula de seguridad (Fuente: Investigación y experiencias de multiplicación en países tropicales- Proporcionado MMUU)



Figura 26: Resultado de la válvula de seguridad del biodigestor de un proyecto en Bolivia (Fuente: Guía de biodigestores)

Una vez el plástico este completamente hinchado y con todo colocado hay que meterlo en la zanja preparada asegurándose que no hay ningún tipo de piedra o palo que pueda dañar el plástico. Para ello, entre varias personas se debe desplegar sobre la zanja con cuidado y una vez colocado hay que comprobar que en la parte inferior no hay arrugas, estirando ambos extremos del biodigestor.

5.3.6 CONDUCCIÓN DEL BIOGÁS

La instalación de las tuberías para la conducción del biogás entre el biodigestor y la cocina que se quiera alimentar habrá que diseñarla una vez elegido el lugar y se hayan tomado las medidas necesarias para el largo de la tubería que va a conectar los dos extremos.

5.3.7 MONTAJE DE LA COCINA

Cuando se ha concluido con el diseño y montaje de la planta se procederá al montaje de la cocina para conectarlo de forma directa al biodigestor. La misma empresa que tiene las mochilas suministra un pack completo para la cocina que incluye el fuego y la tubería que conecta el fuego con la mochila.

El tamaño de quemador puede ser adaptado a diferentes tamaños de ollas según los utensilios de los que disponga el colegio hospital o poblado. El complejo que se puede adquirir se muestra en la imagen a continuación:

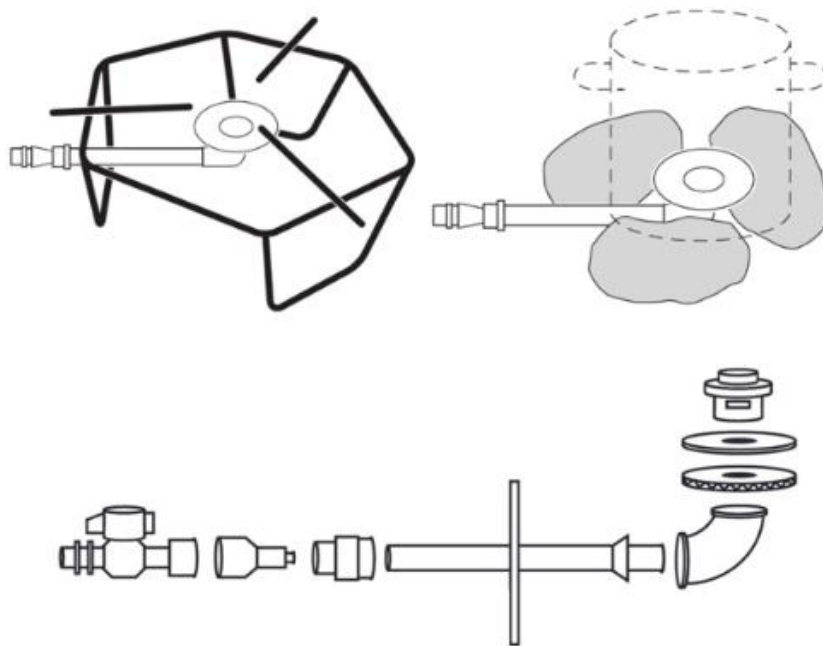


Figura 27: Conjunto de cocina (Fuente: (B)Energy [8])

Cuando se adquiere esto en conjunto incluye todas las piezas necesarias y la documentación para realizar el montaje paso a paso. Al igual que la mochila, en el caso de que sea necesario hacer uso de este producto se debería tener en cuenta en el presupuesto. A continuación, se muestra una imagen de las tres opciones entre las que se puede elegir, lo que incluye y el precio de cada una de ellas:

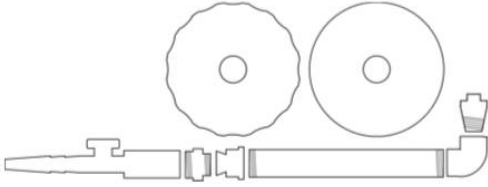
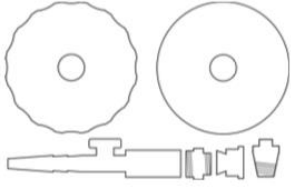
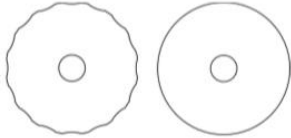
Burner layout	Burner description	Price
	<p>Full assembly kit BIOGAS BURNER</p> <ul style="list-style-type: none"> • black coated • discs from stainless steel • all parts included, no frame 	<p>Importer: 19.95 € Member: €</p>
	<p>basic assembly kit Basic BIOGAS BURNER</p> <ul style="list-style-type: none"> • black steel (not coated) • discs from stainless steel • Excludes 1/2" pipe and 90° elbow, no frame 	<p>Importer: 12.55 € Member: €</p>
	<p>Extra disc medium/<i>large</i> (76/100mm)</p> <ul style="list-style-type: none"> • stainless steel 	<p>Importer: 4.20/4.50 € Member: €</p>

Figura 28: Presupuesto de los kits de la cocina proporcionados por la empresa (B) Energy [7]

El kit completo incluye todas las piezas y además está recubierto de negro; sin embargo, las del básico no están recubiertas y no incluye algunas de las piezas que potencialmente se podrían encontrar en mercados locales.

En cuanto a los discos quemadores, están hechos de acero inoxidable y según la olla que se vaya a utilizar se puede elegir el tamaño estándar que son 76 mm o también existe un juego que incluye discos de 50 y 100 cm de diámetro.

5.4 CÁLCULO DE PRESUPUESTOS Y ANÁLISIS DE SOSTENIBILIDAD

En este apartado se estudiarán los presupuestos para los dos casos que se han planteado, tanto para un biodigestor de pequeño tamaño como para uno de gran tamaño.

El cálculo del presupuesto variara en función de la zona y el año en que se lleve a cabo el proyecto. Para ello, se ha tomado como referencia los precios bases de la región de Kenia obtenido a través de una persona especializada en este tipo de proyectos en numerosas zonas de África [9].

En el caso de no poder encontrar todos los materiales en el país en el que se realizará el proyecto, se podrán importar teniendo en cuenta que podría aumentar el precio de alguna de las piezas.

La moneda oficial son los KES, sabiendo que un dólar americano son 110 KES y que 1 EURO son 1,05 \$ se ha podido hacer una conversión de los datos proporcionados obteniendo unos precios aproximados de esta región como se muestra en la tabla a continuación:

Caso poblados: Biodigestores pequeños (3-15 m³):**Poblados** (pequeña dimensión: de 3 a 15 m3)

Materiales	Unidades	Precio/ Unidad (EURO)*	Precio total (EURO)
Ladrillos	40	0,06	2,60
Cemento (bolsa de 50 Kg)	1	6,06	6,06
Arena (bolsa de 50 Kg)	1	1,52	1,52
Acople de macho roscado de PVC de 1 pulgada	1	0,03	0,03
Acople de hembra roscado de PVC de 1 pulgada	1	0,03	0,03
Arándelas de neumático	2	0	0,00
Arándelas metálicas de 15 cm de diámetro y un agujero central de 1 pulgada	2	0,03	0,07
Tubo de PVC de 1 pulgada (por metro)	1	0,87	0,87
Tubo de PVC de 1 pulgada (por metro)	0,3	0,87	0,26
T de PVC de 1 pulgada	1	0,03	0,03
Carretilla para transporte de arena	1	3,25	3,25
Niples de 20 cm en PVC de 1 pulgada	2	1,43	2,86
Frasco o envase de plástico transparente	1	0	0,00
Mochila B-Energy (opcional)	1	41,5	41,50
Pack completo cocina	1	19,95	19,95
Plástico de polietileno calibre 8 (1m x 1m)	1,25	0,87	1,08
Horas de trabajo en el proyecto (EURO/hora)	2	0	0,00
		Total	80,11

*precios pueden variar en función de la zona de compra y la inflación. Por favor actualice el listado de precios en la tabla "Tabla_Listado precios"

Tabla 21: Presupuesto para un biodigestor de pequeño tamaño, 3-15 m³ (Fuente: Elaboración propia)

Caso colegios y hospitales: Biodigestores grandes (40-55 m³):**Colegios y hospitales** (gran dimensión: de 40 a 55 m3)

Materiales	Unidades	Precio/ Unidad (EURO)*	Precio total (EURO)
Ladrillos	220	0,06	14,29
Cemento (bolsa de 50 Kg)	1	6,06	6,06
Arena (bolsa de 50 Kg)	1	1,52	1,52
Acople de macho roscado de PVC de 1,5 pulgada	1	0,05	0,05
Acople de hembra roscado de PVC de 1,5 pulgada	1	0,05	0,05
Arándelas de neumático de carro	2	0	0,00
Arándelas metálicas de 15 cm de diámetro y agujero central de 1,5 pulgadas	2	0,05	0,10
Tubo de PVC de 1,5 pulgada (po metro)	1	1,30	1,30
Tubo de PVC de 1,5 pulgada (por metro)	0,3	1,30	0,39
T de PVC de 1 pulgada	1	0,03	0,03
Carretilla para transporte de arena	1	3,25	3,25
Niples de 20 cm en PVC de 1,5 pulgadas	2	1,90	3,81
Frasco o envase de plástico transparente	1	0	0,00
Mochila B-Energy (opcional)	1	41,5	41,50
Pack completo cocina	1	19,95	19,95
Plástico de polietileno calibre 8 (1m x 1m)	2,5	0,87	2,16
Horas de trabajo en el proyecto	2	0	0,00
		Total	94,46

Tabla 22: Presupuesto biodigestores de gran tamaño, 40-55 m³ (Fuente: Elaboración propia)

Una de las definiciones de sostenibilidad es: “satisfacción de las necesidades actuales sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras de satisfacer las suyas, garantizando el equilibrio entre crecimiento económico, cuidado del medio ambiente y bienestar social” [10].

Este término nace en la Comisión de Brundtland en 1987, también conocida como la Comisión Mundial de Medio Ambiente y Desarrollo. Esta comisión publica el documento: “Nuestro futuro común” a raíz de que la Asamblea General de las Naciones Unidas estuviera preocupada por el deterioro de los recursos naturales y el medio ambiente. A partir de este documento se conoció el término: “Desarrollo Sostenible” que es lo que se busca en empresas y proyectos.

El concepto de sostenibilidad incluye tres vertientes:

- Sostenibilidad ambiental: trata de preservar la biodiversidad sin afectar al desarrollo social y económico. Apostar por las energías renovables y reducir el consumo de energías tradicionales como el petróleo.
- Sostenibilidad económica: es la encargada de que conseguir la sostenibilidad ambiental y social sea rentable y buscar el crecimiento económico sin perjudicar nunca los recursos disponibles de los que se dispone.
- Sostenibilidad social: el plano social busca fomentar el desarrollo de toda la comunidad y de sus integrantes para conseguir una calidad de vida, sanidad y educación entre otras a nivel global. Este grupo también incluye que no haya diferencias por sexo ni raza y que se busquen empleos estables con condiciones de trabajo buenas.

En este proyecto se busca la sostenibilidad a largo plazo en los tres aspectos descritos anteriormente. Para poder hacer el análisis y comprobar que se cumplen, se realizarán una serie de preguntas relacionadas con los puntos planteados y contestados con el proyecto realizado:

ÁREA	SOSTENIBILIDAD AMBIENTAL	SOSTENIBILIDAD ECONÓMICA	SOSTENIBILIDAD SOCIAL
PREGUNTAS	<p>¿se está utilizando una energía renovable con posibilidad de explotarla en el largo plazo?</p> <p>¿Existe un plan que se esté monitorizando?</p> <p>¿Hay emisiones de CO2 altas?</p>	<p>¿Cómo es el mantenimiento de los equipos?</p> <p>¿Son los beneficiarios y/o autoridades capaces de pagar el mantenimiento o cambio de las tecnologías que incluye el proyecto?</p> <p>¿Los costos de servicios y mantenimiento son factibles?</p> <p>¿Cómo aumentó u osciló las asignaciones del presupuesto nacional para apoyar las diferentes actividades del área y proyecto?</p>	<p>¿Qué apoyo a recibido de las instituciones o de su propia comunidad?</p> <p>¿Qué instituciones están participando en el desarrollo del proyecto?</p>
ACTIVIDADES REALIZADAS/ DESCRIPCIÓN	<p>El biogás es una energía renovable completamente limpia y que funciona con el uso de restos cuyo almacenamiento podría contribuir al impacto medioambiental.</p> <p>Para monitorizar el proceso se han dispuesto unas tareas de forma diaria y semanal para asegurar el correcto funcionamiento a largo plazo.</p>	<p>El mantenimiento de los equipos se encuentra en el proyecto especificado.</p> <p>La autoridad encargada del mantenimiento o cambio de las tecnologías es Manos Unidas la cual dispone de un presupuesto para este tipo de proyectos.</p> <p>Los costos del servicio y mantenimiento no son elevados ya que se utilizan materiales que se pueden adquirir a un precio razonable y para ellos Manos Unidas cuenta con gente colaboradora en todos los países en los que actúan para llevar todos estos de servicios de mantenimiento. El presupuesto del que dispone Manos Unidas es de 100.000 euros para este tipo de proyectos y se debe adaptar a este valor.</p>	<p>El proyecto es principalmente de Manos Unidas pero recibe el apoyo de organizaciones con las que tienen contacto en los distintos países.</p> <p>Con este proyecto también impulsa la mejora de calidad de vida de las comunidades con menos recursos.</p>
PRODUCTOS Y PROCESOS PARA LLEVAR A CABO LA ESTRATEGIA	<p>Uso de los restos de animal y humano para la obtención de energía.</p> <p>Se ha hecho una comparativa sobre las emisiones que habría en caso de utilizar por ejemplo madera como combustible para las cocinas en vez de hacer uso del biogás.</p>	<p>Se ha calculado un presupuesto para su instalación y en el proyecto se especifica una forma sencilla de conseguir un mantenimiento a largo plazo que pueda ser realizado por personas allí.</p>	<p>Contacto con organizaciones en las comunidades objetivo para enseñar a las personas que viven allí. Este tipo de contacto lo hace directamente Manos Unidas una vez la comunidad solicita ayuda.</p>
CONSEJOS PARA FORTALECERLO/MEJORARLO	<p>Para mejorarlo es importante que se cumplan las indicaciones para el mantenimiento de la planta, requiere personas responsables de estas tareas.</p>	<p>Importante seguir los pasos indicados y cumplirlos regularmente para asegurar su funcionamiento en el largo plazo.</p>	<p>Fomentar la participación de la gente de estas comunidades.</p>

Tabla 23: Análisis de sostenibilidad del proyecto (Fuente: Elaboración propia)

5.5 PRODUCCIÓN DEL FERTILIZANTE

Como se ha descrito en el proceso de producción de biogás la mezcla de estiércol con agua será introducida al biodigestor para que las bacterias lo digieran y produzcan este gas. Por otro lado, se produce un líquido que ya está digerido y que se puede llegar a convertir en un buen fertilizante. A este fertilizante resultante se le denomina biol o digestato, contiene entre 2% - 3% de nitrógeno, 1% - 2% de fósforo, 1% de potasio y un 85% de materia orgánica.

En el caso de que se quiera obtener un fertilizante de mayor calidad se pueden aumentar los tiempos de retención para conseguir que el lodo se descomponga más. Al igual que para la calidad de biogás influyen los tiempos de retención, para este biol también ocurre como se muestra en la tabla a continuación:

Región	Temperatura (°C)	Tiempo de retención (días)
Trópico	30	25
Valle	20	37
Altiplano	10	75

Tabla 24: Tiempos de retención en función de la temperatura (Fuente: Guía de biodigestores)

La aplicación del fertilizante se suele hacer en tres distintas ocasiones:

1. En el momento en el que se ara el terreno se puede hacer uso del fertilizante recién producido para regar los surcos.
2. El día anterior a sembrar, se suele introducir unas semillas en una mezcla 1:1 con fertilizante durante 4 – 5 horas.
3. Una vez la planta está en pleno crecimiento se puede utilizar este fertilizante para fumigar con una relación 1:4, fertilizante: agua.

5.6 SIMULACIÓN CASO PRÁCTICO KENIA

La simulación del ejemplo se realizará para Kenia ya que el presupuesto proporcionado en el documento se ha basado también en esta región.

En este ejemplo se ha escogido un colegio de aproximadamente de unos 500 alumnos y 4 adultos como profesores.

Para poder poner la herramienta en funcionamiento se deben introducir los siguientes datos:

1. Se ha considerado que el consumo anual para cocina en esta región anual y por persona es de aproximadamente 140 KWh para niños y 160 KWh para adultos.
2. Kenia es una zona con clima tropical. La herramienta le asignará los días de retención asociados a ese clima.
3. Se deben conocer los animales (también de su peso aproximado) de los que se dispone en la zona para el cálculo de residuos y el posterior dimensionamiento del biodigestor. Para este caso de estudio se cuenta con:
 - Bovinos de aproximadamente 500 Kg.
 - Porcinos de aproximadamente 50 Kg.
 - Equinos de aproximadamente 500 Kg.
 - Ovinos de aproximadamente 30 Kg.
4. Una vez introducidos se deberá ajustar el número de animales que se necesitan para que el estiércol produzca el biogás necesario para satisfacer la demanda

En la siguiente imagen se puede ver lo que se obtiene hasta el punto 3:

Variables para el dimensionamiento de la solución

01. Introduzca el número de seres vivos en la zona:

Humanos (niños)	500
Humanos (adultos)	4
Bovino	30
Porcino	30
Ovino	25
Equino	25

02. Introduzca el peso medio (en kilogramos) de los seres vivos en la zona

Humanos (niños)	40
Humanos (adultos)	70
Bovino	500
Porcino	50
Ovino	30
Equino	500


03. Seleccione el tipo de clima geografico en la lista a continuación:

Clima tropical con regiones planas (e.g. Indonesia, Venezuela, America Central) 35

Dias de retención necesarios en la localización del biodigestor

04. Número de personas a alimentar

Humanos (niños)	500
Humanos (adultos)	4



NOTA IMPORTANTE
El entorno puede suministrar suficiente biogas para abastecer a la población

35

Biogas producido al día (m³)

31

Biogas necesario al día (m³)

59

Capacidad biodigestor (m³)

La solución necesita un biodigestor pequeño y uno grande en paralelo

Figura 29: Pantalla 1, simulación ejemplo 1 (Fuente: Elaboración propia)

Como se puede observar para ese número de niños y adultos se requiere 31 m³ diarios de biogás y para el número inicial de animales se pueden producir hasta 35 m³. Como la capacidad del biodigestor es mayor de 55 m³ que es la máxima capacidad que se explora en este proyecto, la herramienta da como solución dos biodigestores. Sin embargo, se puede ajustar el número de animales para reducir el biogás producido ajustándose más a la cantidad de biogás demandada y ahorrando el montaje de un segundo biodigestor.

En la imagen a continuación se muestra lo comentado anteriormente:

Variables para el dimensionamiento de la solución

01. Introduzca el número de seres vivos en la zona:

Humanos (niños)	500
Humanos (adultos)	4
Bovino	30
Porcino	20
Ovino	20
Equino	20

02. Introduzca el peso medio (en kilogramos) de los seres vivos en la zona:

Humanos (niños)	40
Humanos (adultos)	70
Bovino	500
Porcino	50
Ovino	30
Equino	500


03. Seleccione el tipo de clima geográfico en la lista a continuación:

Clima tropical con regiones planas (e.g. Indonesia, Venezuela, America Central) 35

Días de retención necesarios en la localización del biodigestor

04. Número de personas a alimentar

Humanos (niños)	500
Humanos (adultos)	4



NOTA IMPORTANTE
El entorno puede suministrar suficiente biogás para abastecer a la población

31 Biogás producido al día (m ³)	31 Biogás necesario al día (m ³)	52 Capacidad biodigestor (m ³)
--------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------	------------------------------------------------------

La solución necesita un biodigestor grande

Figura 30: Pantalla 2, simulación ejemplo 1 (Fuente: Elaboración propia)

El número de seres vivos se ha reducido hasta conseguir un valor de biogás producido más parecido al demandado. Los 31 m³ son un cálculo aproximado, obteniendo así un biodigestor de gran tamaño de capacidad de 52 m³.

Ejemplo 2:

Como ya se ha mencionado en los apartados anteriores este proyecto está enfocado tanto a colegios y hospitales como a pequeños poblados.

En este segundo ejemplo se hará un ejemplo para un pequeño poblado también de Kenia de aproximadamente 20 familias con 3 hijos de media por familia, siendo un total de 40 adultos y 60 niños.

Para este caso solo se contará con:

- Bovinos de aproximadamente 400 Kg.
- Porcinos de aproximadamente 30 Kg.

Variables para el dimensionamiento de la solución

01. Introduzca el número de seres vivos en la zona:

Humanos (niños)	60
Humanos (adultos)	40
Bovino	30
Porcino	20
Ovino	0
Equino	0

02. Introduzca el peso medio (en kilogramos) de los seres vivos en la zona


Humanos (niños)	40
Humanos (adultos)	70
Bovino	400
Porcino	30
Ovino	30
Equino	500

03. Seleccione el tipo de clima geográfico en la lista a continuación:

Clima tropical con regiones planas (e.g. Indonesia, Venezuela, América Central)	35
Días de retención necesarios en la localización del biodigestor	

04. Número de personas a alimentar

Humanos (niños)	60
Humanos (adultos)	40



NOTA IMPORTANTE
El entorno puede suministrar suficiente biogás para abastecer a la población

13
Biogás producido al día (m3)

6
Biogás necesario al día (m3)

23
Capacidad biodigestor (m3)

La solución necesita dos biodigestores pequeños en paralelo

Figura 31: Pantalla 1, simulación ejemplo 2 (Fuente: Elaboración propia)

La herramienta plantea la instalación de dos biodigestores pequeños ya que con uno grande se estaría sobredimensionando la solución.

Se puede observar en la imagen a continuación que si se ajusta demasiado la cantidad de biogás producida la herramienta te daría un pequeño aviso, por lo que si se dispone de los animales necesarios se podría mejorar para tener un pequeño margen en el biogás producido.

Variables para el dimensionamiento de la solución		Fundación Ingenieros ICAI	Manos Unidas
01. Introduzca el número de seres vivos en la zona:			
Humanos (niños)	60		
Humanos (adultos)	40		
Bovino	10		
Porcino	10		
Ovino	0		
Equino	0		
02. Introduzca el peso medio (en kilogramos) de los seres vivos en la zona			
Humanos (niños)	40		
Humanos (adultos)	70		
Bovino	400		
Porcino	30		
Ovino	30		
Equino	500		
03. Seleccione el tipo de clima geográfico en la lista a continuación:			
Clima tropical con regiones planas (e.g. Indonesia, Venezuela, América Central)			
Días de retención necesarios en la localización del biodigestor	35		
04. Número de personas a alimentar			
Humanos (niños)	60		
Humanos (adultos)	40		
NOTA IMPORTANTE <i>Esta solución no es suficiente por sí sola para abastecer a la población</i>			
6		6	
Biógas producido al día (m ³)		Biógas necesario al día (m ³)	
		9	
		Capacidad biodigestor (m ³)	
La solución necesita un biodigestor pequeño			

Figura 32: Pantalla 2, simulación ejemplo 2 (Fuente: Elaboración propia)

A continuación, se ha aumentado 5 unidades de Bovino consiguiendo así producir 7 m³ de biogás diarios y necesitando entonces únicamente un biodigestor de pequeño tamaño de 12 m³.

Variables para el dimensionamiento de la solución		Fundación Ingenieros ICAI	Manos Unidas
01. Introduzca el número de seres vivos en la zona:			
Humanos (niños)	60		
Humanos (adultos)	40		
Bovino	15		
Porcino	10		
Ovino	0		
Equino	0		
02. Introduzca el peso medio (en kilogramos) de los seres vivos en la zona			
Humanos (niños)	40		
Humanos (adultos)	70		
Bovino	400		
Porcino	30		
Ovino	30		
Equino	500		
03. Seleccione el tipo de clima geográfico en la lista a continuación:			
Clima tropical con regiones planas (e.g. Indonesia, Venezuela, América Central)			
Días de retención necesarios en la localización del biodigestor	35		
04. Número de personas a alimentar			
Humanos (niños)	60		
Humanos (adultos)	40		
NOTA IMPORTANTE <i>El entorno puede suministrar suficiente biogás para abastecer a la población</i>			
7		6	
Biógas producido al día (m ³)		Biógas necesario al día (m ³)	
		12	
		Capacidad biodigestor (m ³)	
La solución necesita un biodigestor pequeño			

Figura 33: Pantalla 3, simulación ejemplo 2 (Fuente: Elaboración propia)

Capítulo 6. ALMACENAMIENTO Y TRANSPORTE

Uno de los objetivos de producir energía sin necesidad de tener un acceso directo a la red eléctrica es poder almacenarla y transportarla con el fin de abastecer al mayor número de personas.

A pesar de que el almacenamiento no es una tarea sencilla se puede desarrollar para pequeña escala. Si se estuviese montando una planta a nivel industrial se podría considerar un tanque donde almacenar el biogás cuando hay sobreproducción; sin embargo, en este caso debido a los pocos recursos de los que dispone las zonas a las que va dirigida este proyecto, se hará uso de lo que se denomina una bolsa reservorio.

6.1 *BOLSA RESERVORIO*

Normalmente la producción de gas en estos sistemas es constante pero el consumo en las cocinas de colegios y hospitales o incluso de un poblado o familia es solo durante unas horas del día, es por esto que se puede usar una bolsa que almacene el gas sobrante cerca de los sitios de consumo.

El material utilizado para este tipo de bolsa es tres metros del mismo plástico de polietileno que se utiliza para el biodigestor, eficientizando así los materiales necesarios para el proyecto. Para poder consumir este gas se necesita que llegue a una determinada presión a los puntos de consumo por lo que hará falta un gasómetro.

Para la conducción de la bolsa reservorio y la cocina en cuestión hay que hacer uso de una T que permita tanto la entrada como la salida del gas:

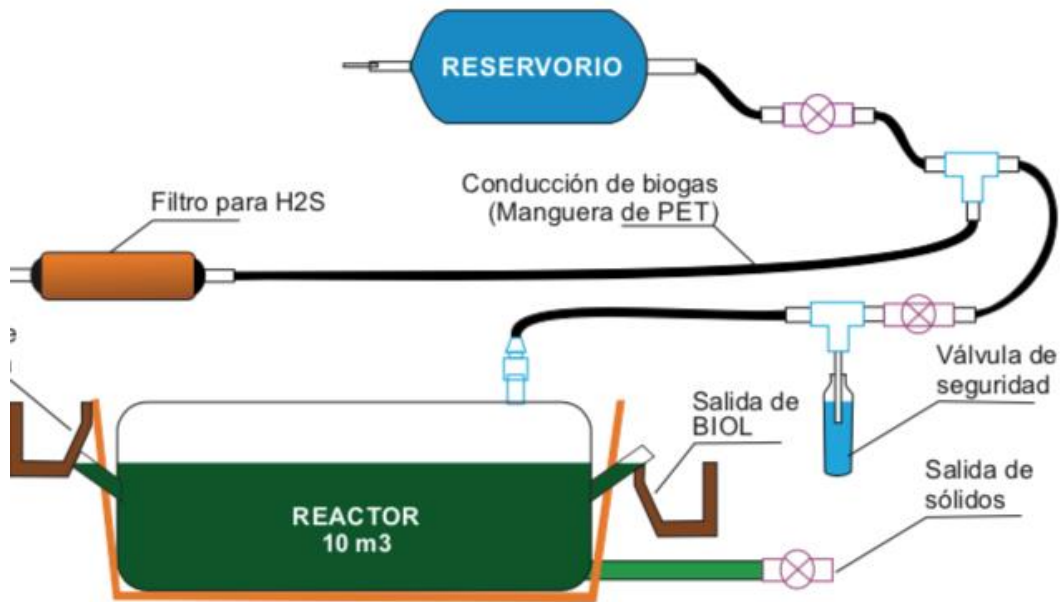


Figura 34: Conexión bolsa reservorio al sistema (Fuente: Manual tecnología para la caficultura, aprovechamiento y tratamiento de residuos en Perú)

Una vez se tiene el plástico hace falta sellar los laterales con una selladora manual de plástico, las comunes son de 30 cm de brazo. Una vez los laterales estén sellados se utilizarán los extremos del plástico que han quedado libres para cerrar la bolsa con una cinta de neumático como se hizo con los tubos de las cajas de entrada y salida. Se hará uso de un tubo que haya sobrado sujetando el plástico a su alrededor y pasar la cuerda por el interior del tubo y colgar la bolsa del techo cercano al biodigestor.



Figura 35: Resultado de la bolsa reservorio en un país subdesarrollado (Fuente: proporcionado por MMUU)

6.2 MOCHILA (B) ENERGY

En el caso de estar tratando con un caso de biodigestores de gran tamaño (40-55 m³) esta tecnología no tiene sentido porque el tamaño es muy pequeño para transportar el biogás necesario para la cocina de un colegio o un hospital. Para este caso se colocará el biodigestor cerca de la cocina de cara a facilitar su transporte.

Sin embargo, para el caso de un pequeño poblado o pequeñas familias en los que se usa biodigestores de pequeño tamaño (3-15 m³), la planta no tiene que estar muy cercana a todos los núcleos familiares por lo que una forma sencilla de transportar este gas producido es mediante las mochilas de (B)Energy.

(B)energy cuenta con un número amplio de accesorios para este tipo de proyectos relacionados con el biogás. En este caso se ha hecho uso de una mochila con forma cuadrada que cuenta con dos cuerdas para poder cargarla a la espalda.

La mochila tiene una capacidad de 1000 L y tiene una duración máxima de 10 años. Este accesorio se puede adquirir directamente y en el caso de que la planta se encuentre alejada de la cocina, el biogás se puede transportar sin problema.

Este accesorio contiene una válvula y una conexión de manguera para el paso del biogás desde la mochila hasta la cocina. Para una mochila de esta capacidad se puede conseguir desde 2 a 4 horas de cocina.

Las dimensiones de la mochila son:

- 1,6 m X 2 m y 1 m³ de capacidad.
- Aproximadamente 4 Kg.
- Presión máxima externa soportada: 30.000 daN
- Presión máxima interna soportada: 0,5 bar

El uso de estas mochilas es completamente opcional; sin embargo, en el caso de querer utilizarlas habría que tenerlas en cuenta en el presupuesto. Su precio por unidad se muestra a continuación:

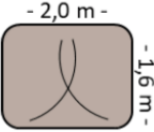
System name and size	Capacit y (L)	Estimated cooking hours	Price
 B pack standard/extra	1.000	2-4	Importer: 36.50 € / 41.50 € (extra) Member: €

Figura 36: Características y presupuesto de la mochila para el transporte de biogás (Fuente: (B) Energy)



Figura 37: Resultado de las mochilas para el transporte de biogás (Fuente: (B) Energy)

Capítulo 7. MANTENIMIENTO Y OPERATIVIDAD

Para el mantenimiento de la planta se harán unas labores diarias, semanales y mensuales. Para poder llevar a cabo un mantenimiento adecuado se facilitará la documentación necesaria para que la persona encargada de este proceso solo tenga que seguir unos pasos de forma sencilla.

Hay tres acciones principales para el mantenimiento del biodigestor:

- Comprobar que la válvula de alivio tiene la cantidad de agua suficiente como para mantener la tubería sumergida en el agua los centímetros necesarios. En el caso de que el agua se haya evaporado habría que rellenarlo con agua nueva.
- Hay que purgar el agua condensada de las tuberías. Esto podría ocurrir cuando se escuchan ruidos raros durante el cocinado o si la llama de la cocina saliese a golpes.
- Cambio de filtro de ácido sulfhídrico cuando se note olor o sabor a metal.
- Para agujeros menores de 10 cm se puede adaptar una rosca macho como el de la salida del biogás y cerrarlo más tarde con un tapón evitando así la fuga de gas. Si esto ocurre antes de poner el biodigestor en funcionamiento será más sencillo que si la fuga se produce una vez la planta a empezado a producir biogás.
- Se trata de enroscar el macho a una tubería de polietileno con un largo de 0,5-0,75 pulgadas como para llegar con la tubería desde donde está el hueco hasta la entrada o salida del biodigestor.

7.1 LABORES DIARIAS DE MANTENIMIENTO

Además de estas cuatro labores principales las labores que se recomiendan hacer diariamente son:

- Cargar el biodigestor con la cantidad adecuada. En la primera carga hay que poner el estiércol y agua suficiente para tapar las caras interiores de los tubos de las cajas de entrada y salida. A partir del segundo día habrá que introducir 20 kg de residuos junto 80 de agua para conseguir al menos 4 horas de cocina, en el caso de que un día se utilice menos, no será necesario introducir tanta carga el día siguiente.
- Retirar los materiales que se hayan podido colar en el biodigestor o en las cajas como piedras, palos o ramas de árbol.
- Revisar las entradas de agua al biodigestor sobretodo en el caso de lluvias en la zona en cuestión.
- Cercar la zona en caso de contar con niños o animales que puedan acceder a la planta. En el caso de ser, comprobar que la reja no ha sido manipulada en ningún momento.
- Revisar las posibles fugas de gas.

7.2 LABORES SEMANALES DE MANTENIMIENTO

Entre las labores semanales se encuentran:

- Revisar al menos una vez a la semana el nivel de la válvula de seguridad para que la columna se mantenga 10 cm sobre el extremo del tubo.
- Revisar al menos una vez a la semana las posibles fugas de la bolsa reservorio.
- Comprobar que no se ha formado una capa flotante en el interior del biodigestor haciendo un masaje suave con la mano sobre la bolsa, procurando no romper el plástico.
- Comprobar que no hay rajadas en el plástico.
- Revisar que no existen fugas en las uniones de las tuberías, sobretodo en la zona de la válvula de seguridad o cualquier unión que se haya hecho en la instalación.

Capítulo 8. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Para el análisis de los resultados hay que tener en cuenta que no es un proyecto enfocado en un caso concreto. En función de las necesidades que tenga el cliente y de los recursos que se dispongan se obtendrán resultados diferentes. Sin embargo, tiene un gran carácter práctico y es de fácil uso para las personas que están en estos países subdesarrollados.

Habría que tener en cuenta que el presupuesto podría cambiar debido a la dificultad a veces en adquirir materiales en países subdesarrollados por lo que podría aumentar; sin embargo, hay un margen significativo respecto a los presupuestos gestionados por Manos Unidas para este tipo de proyectos por lo que no debería de ser una barrera.

Capítulo 9. CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS

Entre las conclusiones que se pueden obtener de este proyecto se encuentran que el presupuesto para construir este tipo de plantas de biogás no es muy alto por lo que sería bueno poder implementarlo en el mayor número de lugares posibles.

Además, se ha observado que la producción de biogás depende mucho del tipo de residuo que se introduzca. Las excretas de animales de mayor tamaño como las vacas producen una cantidad de biogás mayor que las de humanos.

La tecnología de los biodigestores es una forma sencilla de aprovechar desperdicios y poder hacer algo muy parecido a una economía circular, sobre todo en zonas donde la actividad ganadera es muy alta este tipo de tecnología tiene mucho potencial. Sin embargo, se debería mejorar para conseguir un mayor alcance con estos biodigestores y poder dar más número de horas de energía. En este proyecto se ha considerado que con 4- 5 horas de cocina diarias sería suficiente.

Entre los trabajos posibles futuros destacan la alimentación de pequeños motores que estén en casas particulares que pudiesen ser alimentados con biogás reduciendo así el uso de energías tradicionales mucho más contaminantes.

Uno de los problemas que tiene este tipo de biodigestores es el plástico de polietileno de calibre 8 ante las fuertes radiaciones solares, existe un plástico polietileno de 300 micrones de color negro el cual aguanta mejor el sol, evitando así las posibles perforaciones en el plástico, lo cual puede ser interesante aplicar a este tipo de tecnología.

Otro posible trabajo sería además de conseguir trabajar con cocinas poder llegar a duchas con agua caliente para países que no disponen de este recurso.

Capítulo 10. BIBLIOGRAFÍA

- [1] Fundación Acciona Microenergía, Viability study of biogas for cooking for shire refugees camps, 2015.
- [2] Teodorita Al Seadi, Biogas Handbook, October 2008.
- [3] Julián Davis Chará y Gloria Ximena Pedraza, Investigación y experiencias de multiplicación en Países Tropicales- Uso de biodigestores de plásticos para el tratamiento de aguas residuales pecuarias en Colombia. Proyecto proporcionado por Manos Unidas.
- [4] Ingeniería sin fronteras, Tecnologías apropiadas para la cañicultura, aprovechamiento y tratamiento de residuos en Perú, Junio 2016.
- [5] Documentación home- biogás, <https://www.homebiogas.com/>
- [6] María Teresa Vamero Moreno (FAO organización), Manual de biogás, 2011.
- [7] Jaime Martí Herrero, Biodigestores familiares guía de diseño y manual de instalación, Bolivia 2008.
- [8] (B) Energy, Product catalogue, 2020. <https://be-nrg.com/>
- [9] Contacto de SNV , Patrick Sigei encargado de proyectos de biogás en parte de África.
- [10] Braulio Pareja, Diapositivas Ética Empresarial ICAI, 2022.

ANEXO I: REFLEXIÓN SOBRE LOS ODS

Los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de Naciones Unidas son los objetivos que la ONU creó para garantizar un futuro sostenible. En estos ODS se busca que se avance en la economía y en la sociedad para hacer un uso adecuado de los recursos naturales y poder llegar a tener un futuro sin desigualdad de género y derechos.

Para ello se desarrollaron 17 objetivos que paliarían los principales problemas que se tienen hoy en día y que protegerían el planeta para el año 2030. Estos se muestran en la tabla a continuación:



Figura 38: Los 17 objetivos de Desarrollo Sostenible

La mayoría de las empresas buscan integrar estos objetivos en ellas ya que la única forma de conseguir un futuro sostenible es integrándolos en la sociedad civil, en el sector privado, en el gobierno y en las demás instituciones.

De los objetivos descritos anteriormente, este proyecto contribuye en:

- Hambre cero: con este tipo de proyecto se busca poder proporcionar gas a una cocina de un colegio u hospital de una zona que no cuente con ningún recurso eléctrico para aportar un plato caliente a niños y enfermos.
- Salud y Bienestar: el gas que se produce en el biodigestor se utilizará para cocinar alimentos y mantener una alimentación regular y sana.
- Energía asequible y no contaminante: una vez se ha producido la energía, la adquisición y uso en las cocinas se hace de forma directa. Además, se trata de una energía limpia.
- Ciudades y Comunidades sostenibles: con este tipo de proyecto se busca impulsar que más comunidades se desarrollen a partir de energías renovables, promoviendo así este tipo de tecnologías.
- Alianzas para lograr objetivos: en este caso, poner en contacto una institución como es ICAI muy interesada en las energías verdes y en participar en proyectos en zonas donde necesitan ayuda junto con su Fundación y Manos Unidas. Además de estar promoviendo las energías renovables para vivir en una sociedad más limpia se está ayudando a muchas familias con menos recursos.
- Reducción de Desigualdades: concretamente en este proyecto, conseguir que un recurso que se considera esencial como es el gas en cocinas este a la disposición de zonas del mundo que pueden llegar a estar olvidadas.