



## GENERADOR ECOLÓGICO DE BIOGÁS A PARTIR DE RESIDUOS DE CEBADA UTILIZADA PARA CERVEZA ARTESANAL

**Autores:**

- **Willam Bladimir Cevallos Cevallos**
  - (Tutor Académico)
- **Kelvin Ariel Cubi Insuaste**
  - (Estudiante)
- **Jordy Iván Zaruma Rentería**
  - (Estudiante)
- **Luis Andrés Chasiluisa Valencia**
  - (Estudiante)

Para citar este artículo puede utilizar el siguiente formato:

Willam Bladimir Cevallos Cevallos, Kelvin Ariel Cubi Insuaste, Jordy Iván Zaruma Rentería y Luis Andrés Chasiluisa Valencia (2018): "Generador ecológico de biogás a partir de residuos de cebada utilizada para cerveza artesanal", Revista Caribeña de Ciencias Sociales (septiembre 2018). En línea

[//www.eumed.net/rev/caribe/2018/09/generador-ecologico-biogas.html](http://www.eumed.net/rev/caribe/2018/09/generador-ecologico-biogas.html)

### Resumen

El crecimiento poblacional y el desarrollo tecnológico cada día va generando grandes necesidades sociales y al mismo tiempo alternativas para satisfacer esas necesidades, pero también con ciertas secuelas de contaminación ambiental; es por ello que las circunstancias actuales y sobre todo siendo partícipes de un mundo globalizado, amerita considerar soluciones que no afecten la naturaleza.

En tal virtud es menester la generación de energía producida por un generador ecológico de biogás, a partir de los residuos de cebada utilizada en fabricación de cerveza artesanal; en este caso los residuos que nos proporciona la cervecería artesanal Crisant.

De esta manera obtener una energía económica y que no perjudique el medio ambiente, como espacio esencial del desarrollo de la vida humana, de esta manera manteniendo el equilibrio de la biodiversidad que sustente y mantenga las necesidades de la industria moderna.

El presente proyecto está orientado a establecer una alternativa de proveer energía eléctrica al servicio del emprendimiento que en la actualidad nos facilita los residuos de la cebada; es decir aprovechar al máximo estos desechos para resarcir el beneficio a dicha industria, de manera eficiente y al menor costo.

El biogás es una de las cuantas soluciones propuestas para generar energía, ya que al ser un gas combustible lo cual es generado naturalmente y por la acción de la biodegradación de la materia por medio de los microorganismos y con la ausencia de oxígeno se logra obtenerlo.

Naturalmente para ello es necesario la construcción de un sistema que permita almacenar el 70% de gas metano, el 25% de dióxido de carbono y el 5% que corresponde a otros gases tales como: hidrogeno, nitrógeno, oxígeno y ácido sulfhídrico.

El poder calorífico que nos brinda el biogás es de 18,8 y 23,4 mega julios, básicamente este gas tiene diversos usos, tales como: producir energía eléctrica mediante turbinas y otros procesos que nos permitan alcanzar los objetivos propuestos.

En el proceso de descomposición se cumplen varias etapas entre las cuales tenemos la hidrólisis que es el inicio del proceso anaeróbico de descomposición, la acidogénesis es la segunda etapa la cual se transforma las moléculas orgánicas solubles en compuestos los cuales puedan aprovechar las bacterias metano génicas, la tercera etapa denominada acetogénesis, aprovecha todos los compuestos que no pueden ser metabolizadas por las bacterias y las logran transformar en compuestos más simples. Como proceso final tenemos la metagénesis la cual actúa sobre los procesos anteriores finalizando y completando el proceso de descomposición.

Se tiene que tomar en cuenta que la producción de gas depende mucho del tipo de materia orgánica que utilicemos en este caso con la cebada ya que posee varias bacterias que actuaron en la fermentación al momento de introducir y sellar el contenedor, el primer día comienza la generación de biogás en reducido volumen, lo cual no sucede con otras materias primas.

Para evitar una posible explosión se ha instalado una válvula de alivio la cual regulara la presión interna del contenedor evitando así un accidente, al igual un manómetro con el cual podemos medir la cantidad de gas generado del cual después podremos utilizar ya sea en un generador para la generación de energía valga la redundancia o para una cocina la cual funcione con gas, realizando las debidas adaptaciones se lo podría utilizar.



**Figura 1.1. Biodigestor**

**Abstract**

The population growth and the technological development every day is generating great social needs and at the same time alternatives to satisfy those needs, but also with certain sequels of environmental contamination; that is why the current circumstances and especially being participants in a globalized world, merits considering solutions that do not affect nature.

In this virtue it is necessary the generation of energy produced by an ecological biogas generator, from the waste of barley used in the manufacture of craft beer; in this case, the waste that the Crisant artisan brewery provides.

In this way, obtain an economic energy that does not harm the environment, as an essential space for the development of human life, thus maintaining the balance of biodiversity that sustains and maintains the needs of modern industry.

The present project is oriented to establish an alternative to provide electrical energy to the service of the emprendimiento that currently provides us the residues of the barley; that is to say, making the most of these wastes in order to compensate the benefit to said industry, efficiently and at the lowest cost.

Biogas is one of the few solutions proposed to generate energy, since being a combustible gas which is generated naturally and by the action of the biodegradation of matter through microorganisms and with the absence of oxygen, it is obtained. Naturally, it is necessary to build a system that allows to store 70% of methane gas, 25% of carbon dioxide and 5% that corresponds to other gases such as: hydrogen, nitrogen, oxygen and hydrogen sulfide.

The calorific power provided by biogas is 18.8 and 23.4 mega joules, basically this gas has various uses, such as: producing electricity through turbines and other processes that allow us to achieve the proposed objectives.

In the decomposition process several stages are carried out between which we have the hydrolysis that is the beginning of the anaerobic decomposition process, the acidogenesis is the second stage which transforms the soluble organic molecules into compounds which can take advantage of the methane genetics, The third stage called acetogenesis, takes advantage of all the compounds that can not be metabolized by bacteria and manage to transform them into simpler compounds. As a final process we have the metagenesis which acts on the previous processes ending and completing the decomposition process.

It has to be taken into account that the production of gas depends a lot on the type of organic matter that we use in this case with barley since it has several bacteria that acted in the fermentation at the time of introducing and sealing the container, the first day the generation of biogas in reduced volume, which does not happen with other raw materials.

To avoid a possible explosion, a relief valve has been installed which will regulate the internal pressure of the container thus avoiding an accident, as well as a manometer with which we can measure the amount of gas generated, which can then be used in a generator for the generation of energy is worth the redundancy or for a kitchen that works with gas, making the appropriate adaptations could be used.–

### **Palabras clave – Keywords**

Cerveza-Beer, Metano- Methane, Biogás- Biogás, Cebada-Barley, Energía-Energy

## **1. – CONCEPTOS Y PROCESOS**

### **1.1.- Concepto**

El biogás es un combustible amigable con el medio ambiente, ya que es obtenido a partir de la descomposición de la materia orgánica en su mayoría residuos de origen animal, vegetal, etc.

Para la obtención del mismo es necesario un equipo el cual es conocido como biodigestor.

El biodigestor es un dispositivo hermético, donde se produce la descomposición de la materia orgánica, que son desechos de la fabricación de cerveza artesanal, que en condiciones anaeróbicas facilita la extracción del gas ya sea para la generación de energía, la cocción de alimentos, etc.

Este biodigestor cuenta con una entrada para la materia orgánica, una salida con una válvula de control la cual impedirá una sobrepresión del gas ya procesado.

El material utilizado en este caso es un plástico grueso utilizado en contenedores ya sea de alimentos o reservorio de agua, el cual ha sido previamente sellado y hermetizado para que no existan fugas de gas y así pueda acumular la mayor cantidad y pueda ser utilizado de la mejor manera.

## **1.2.- Procesos**

En la producción de gas la temperatura juega un papel muy importante, ya que los microorganismos encargados de la biodigestión realizan un mejor trabajo a temperaturas altas y a temperaturas bajas no las realizan es decir disminuyen su actividad de generación, la temperatura en la cámara digestiva debe permanecer o estar en un rango de 20 a 60 grados centígrados, para que el proceso de generación sea estable se debe mantener una temperatura entre 30 y 35 grados centígrados.

A partir de esta afirmación podemos argumentar que mientras el contenedor se encuentra a la intemperie, a las 10 de la mañana en la que el sol comienza a salir, se puede apreciar la presencia de gas en mínima cantidad.

A partir de las 11 hasta las 4 en días en los cuales el sol se encuentra prácticamente despejado la generación de gas es excesiva no tanto como para activar la válvula de alivio, sino que crea mucho más gas del que existe a las mañanas.

Cuando el sol ya se oculta vemos un drástico descenso en la presión del biodigestor, para evitar esto es necesario enterrarlo bajo tierra ya que así actuara como un aislante y mantendrá una temperatura constante la cual necesitamos que este para que genere más gas y no exista una pérdida de presión como la que tenemos al tenerlo al intemperie obteniendo así pérdidas significativas.

Se debe prevenir que ingrese oxígeno, ya que el ingreso del mismo podría impedir que se realice el proceso anaeróbico adecuado y con un porcentaje de humedad entre el 80% al 90%.

### **1.2.1.- Creación**

#### **¿Pero que es el biogás?**

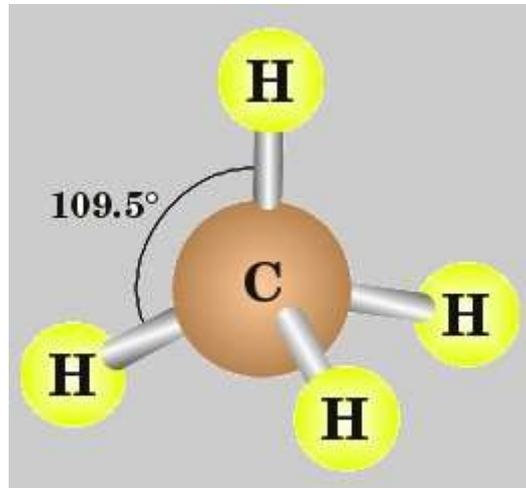
El biogás como comúnmente se lo conoce no es más que metano en combinación con otros gases.

El metano ( $CH_4$ ), es descubierto por primera vez por el físico italiano Alessandro Volta el cual lo identifica como el gas inflamable, en su experimento el observa que se generaban burbujas que emergían de los pantanos, en ese momento nunca se pudo imaginar la importancia que pudo llegar a tener este gas para la humanidad en los siglos venideros.

El metano alcanza una gran importancia en la segunda guerra mundial debido a la escasez de combustible, ya que la falta de combustibles fósiles fue muy grande, la mayoría de instalaciones encargadas de su obtención tubo que cerrar, pero en india ya por la década de los 60, se impulsó la producción de biogás a partir del estiércol bovino así obteniendo fertilizante y energía del mismo.

La actividad agropecuaria y el manejo de los residuos pueden facilitar la transformación de los diferentes residuos animales y vegetales es decir la (biomasa) en diferentes tipos de energías.

Al momento de realizarse la digestión anaeróbica de la biomasa nos da como resultado biogás, el cual se obtiene por las diferentes reacciones bioquímicas presentes en la materia prima utilizada la cual está depositada en el contenedor, este gas está constituido por metano y dióxido de carbono ( $CO_2$ ), al realizar este proyecto no solo obtenemos biogás sino que a su vez obtenemos bioabono mucho más rico en nutrientes para el suelo.



**Figura 1.2. Molécula de metano**

## **2.- PROCESO DE BIODIGESTION**

El manejo apropiado de los desechos y su previo tratamiento implica un reciclaje de la materia orgánica, en este caso de la cebada de cerveza, la cual cuenta con varias bacterias las cuales además de ayudar a la fermentación para el proceso de creación de cerveza, ayudaran a la fermentación y descomposición de la cebada una vez depositada en el biodigestor.

Esta cebada la obtenemos de una fábrica de cerveza artesanal que pertenece a la parroquia de Calpi, de la provincia de Chimborazo en Ecuador.

La cebada pasa por un proceso antes de ser transformada a cerveza, la cual inicia con su cosecha para después pasar por un horno el cual la tuesta hasta un punto determinado, este proceso le brinda a dicha cebada sus características especiales para cada tipo de cerveza que se realiza en la fábrica como son: cerveza rubia o paléale, este nombre es el tipo de cebada, así también existe la cerveza negra o stout y roja, todas estas con diferentes recetas y sabores.

Como segundo paso se procede a moler los granos de cebada los cuales son recetas armadas por dicha fabrica y proceden a la cocción de dicha receta con los diferentes ingredientes adicionales.

En el momento que acabe la cocción se procede a implementar la levadura de cerveza, la cual tiene muchas utilidades como son en la fabricación de pan, vino y de dicha bebida, esta es la encargada de fermentar la bebida, es decir generar el dióxido de carbono y el etanol, los cuales son característicos de la cerveza.

Este proceso es posible cuando la levadura se encuentra en contacto con azúcares. Al escasear los nutrientes, la levadura utiliza distintas rutas metabólicas que permite obtener un mejor rendimiento energético debido a este motivo no realizara la fermentación.

Cabe recalcar que mediante estudios de la fábrica la levadura actúa en una temperatura controlada, ya que si no fuese así las levaduras morirían y no produciría el dióxido de carbono.

Los residuos que utilizamos son los que se obtienen luego de un largo proceso de fermentación, esta cebada aun después de ser extraída como desecho, continua con su proceso de fermentación, como lo indicamos en el presente proyecto.

### 2.1.- Fermentación anaeróbica

En la fermentación anaeróbica la materia orgánica que es utilizada, se catabólica, esta contabilización no requiere de oxígeno ya que se trabaja en total oscuridad.

El producto que se genera durante este proceso es aquel que acepta los electrones liberados durante la descomposición de la materia orgánica. En la fermentación el sustrato se oxida parcialmente y solo una pequeña cantidad de energía del sustrato se conserva.

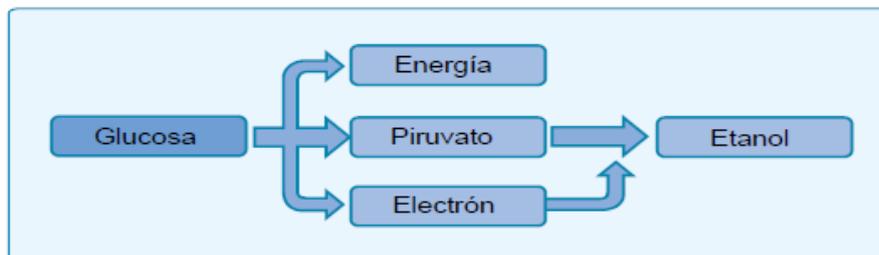


Figura 1.3. Fermentación anaeróbica.



## Figura 1.4. Residuos de cebada

### 2.2.- Acidogénesis

La actividad acidoogénica es descubierta a principios del siglo XX, pero toma gran importancia en el año de 1960, ya que la ingeniería de separación de fases se crea con el fin de mejorar la estabilidad de los biodigestores, así actualizándolos para un mejor rendimiento como los conocemos hoy en día.

En esta fase las moléculas sufren una despolimerización y como resultado obtenemos compuestos solubles por encima hidrolíticas, que corresponden a los fermentos en ácidos grasos muy volátiles.

De acuerdo a la literatura revisada, varios autores manifiestan que para la producción de ácido acético, es necesario la presencia de tres bacterias: *Aceticum Clostridium*; *Woodii Acetobacter*; y *thermoautotrophicum Clostridium*.

La acidoogénesis es una de las varias etapas de producción del gas, aquí se lleva a cabo la transformación de las moléculas orgánicas solubles en el compuesto en las cuales la bacterias metanogénicas aprovechan al máximo ciertos compuestos.

Básicamente este proceso se encarga de eliminar el oxígeno presente en el biodigestor.

#### 2.2.1.- Acetogénesis

La acetogénesis es una etapa en la cual el ácido acético es producido por dos métodos muy acetogénicos muy distintos los cuales son: Acetogénesis de hidrogenación y de deshidrogenación.

En la acetogénesis por hidrogenación mediante un proceso se obtiene acetato como producto final de la reducción del dióxido de carbono más el hidrogeno, debido a su afinidad con la homofermentación láctica.

En la digestión anaeróbica la acetogénesis hace referencia a la acetogénesis por deshidrogenación, ya que en esta etapa se realiza la oxidación anaeróbica de ácidos grasos de cadena larga y corta.

Las bacterias encargadas de este proceso son conocidas como reductoras de protones.

La sintrofilia posee un caso especial de cooperación simbiótica entre dos microorganismos metabólicamente diferentes, los cuales dependen mutuamente el uno del otro para degradar un sustrato.

Las bacterias homocetogénicas son microorganismos estrictamente anaeróbicos. Estas bacterias tienen un trabajo primordial el cual es catalizar la formación de acetato a partir del hidrogeno y el dióxido de carbono.

#### 2.2.2.- Metanogénesis

Esta es la última etapa en cumplirse en el proceso de descomposición, las bacterias actúan sobre los productos anteriores y completa el proceso, se ha comprobado que el 70% del metano producido es gracias a la descarbolixación del ácido acético.

#### 2.2.3.- Bioabono

El bioabono es el resultante de la materia descompuesta que fue utilizada para la digestión, ya que durante el proceso de descomposición una parte de la materia se transformó en metano, mientras que la otra parte del producto se mineraliza, por lo que aumenta el contenido de nitrógeno amoniacal y disminuye el nitrógeno orgánico.

Composición	55 – 70% metano (CH <sub>4</sub> ) 30 – 45% dióxido de carbono (CO <sub>2</sub> ) Trazas de otros gases
Contenido energético	6.0 – 6.5 kW h m <sup>-3</sup>
Equivalente de combustible	0.60 – 0.65 L petróleo/m <sup>3</sup> biogás
Límite de explosión	6 – 12 % de biogás en el aire
Temperatura de ignición	650 – 750°C (con el contenido de CH <sub>4</sub> mencionado)
Presión crítica	74 – 88 atm
Temperatura crítica	-82.5°C
Densidad normal	1.2 kg m <sup>-3</sup>
Olor	Huevo podrido (el olor del biogás desulfurado es imperceptible)
Masa molar	16.043 kg kmol <sup>-1</sup>

**Tabla 1.1 Características del biogás**

**Fuente: Deublein y Steinhauser (2008)**

#### **2.2.4.- Hidrolisis**

La hidrolisis puede llegar a considerarse un limitante de la velocidad del proceso, sobre todo con el manejo de residuos de alto contenido en sólidos.

La hidrolisis depende mucho de la temperatura en el proceso, el tiempo de retención hidráulico y la composición bioquímica que posea el sustrato, además el tamaño que posean las partículas es fundamental así también el pH del metano.

### **3.- MICROORGANISMOS QUE INTERVIENEN EN LA DESCOMPOSICION**

#### **3.1.- Especies de microorganismos**

Existen varias especies de microorganismos que interactúan de cierta forma en el proceso de descomposición que varían dependiendo de los materiales que serán degradados.

Los alcoholes, los ácidos grasos y los enlaces aromáticos pueden ser separados por la respiración anaeróbica.

Estos utilizan varios nutrientes, los cuales son el nitrato, azufre, sulfato, carbonato, fumarato, como aceptadores de electrones.

Muchos microorganismos compiten por el nitrato como aceptador de electrones, por lo cual el nitrato se reduce significativamente en amonio

Los reductores de sulfato se encuentran en la degradación de compuestos con poco oxígeno, tales como el lactato y etanol.

##### **3.1.1- Bacterias presentes en hidrolisis**

Los microorganismos que actúan en el proceso de hidrolisis son los bacterides, lactobacillus, propioni- bacterium, etc.

##### **3.1.2.- Bacterias presentes en acidogénesis**

Poseen algunos de los mismos microorganismos presentes en la hidrólisis como son clostridium, paenibacillus y ruminococcus, estos microorganismos están presentes en la fase de efervescencia pero a su vez predominan en la fase acidogénica.

Los Cytophaga-Flavobacterium-Bacteroides se encuentran en otro grupo más grande de microorganismos durante las fases de descomposición.

Estos grupos son los responsables de la degradación de compuestos manoméricos.

### **3.1.3.- Especies metanotróficas**

Las especies metanotróficas son aquellas que consumen el metano, se encuentran en todas partes de la planta procesadora de biogás, son indeseables.

Estos microorganismos aeróbicos consumen el 17% del metano en la atmosfera terrestre, además encontramos otro grupo de microorganismos que pueden consumir el metano sin necesidad del oxígeno

### **3.2.- Beneficios del biogás en el ambiente**

El biogás tiene una amplia variedad de usos al igual que el gas natural, constituye una gran fuente de energía renovable y limpia la cual nos brinda muchos beneficios derivados del proceso de la conversión de desechos orgánicos (cebada).

Las tarifas eléctricas últimamente han sido mucho más costosas, ya que con el avance tecnológico e industrial los equipos consumen mucha más energía, por lo cual el precio es alto, claro que se ha implementado sistemas ecológicos en varios dispositivos como lo son electrodomésticos, celulares, computadoras, etc.

Con el fin de reducir significativamente el consumo energético e implementar fuentes de energía sustentables y sostenibles se han creado diversas formas de generar energía, una de ellas como la hemos hablado es el biogás, el cual es generado de la putrefacción de materia orgánica, en este caso se utiliza cebada de cerveza artesanal, que son residuos que resultan después de los procesos de fabricación de la bebida.

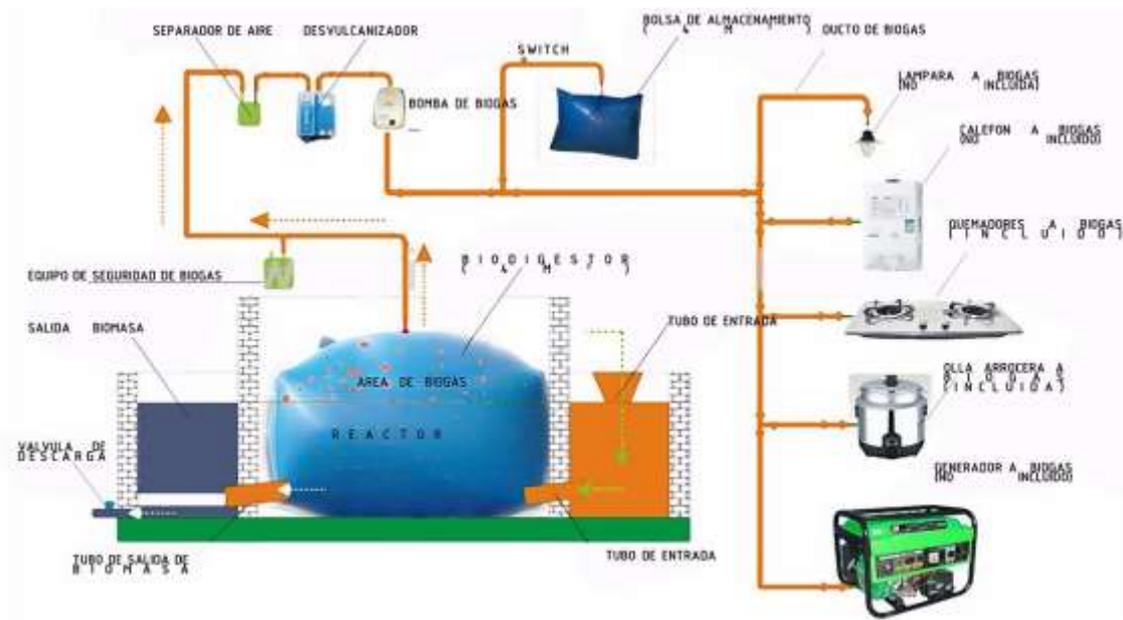
Cuando estos residuos son sometidos a un proceso de degradación anaeróbica, se genera productos a partir del metabolismo con alto poder de combustión los cuales serán utilizados con fines energéticos, es decir para la producción de electricidad.

Un gran beneficio de las plantas de biogás es la reducción de los rellenos sanitarios, reduciendo así los costos de disposición de residuos orgánicos, de esta manera obteniendo el bioabono como valor agregado.

Al tratar estos residuos de la mejor manera en las plantas de tratamiento, evitamos el riesgo de contaminación de aguas subterráneas con nitratos

La cebada utilizada en la producción de biogás posee desde el momento en el que se obtiene como residuo posee humedad, es decir la cebada sigue fermentándose ya que al poseer desde ya varios microorganismos de fermento y tras haber creado alcohol, sigue generando estos gases y si lo utilizamos de una manera responsable, en la cual los desechos de la fábrica de cerveza artesanal Crisant son reciclados y no echados al basurero como comúnmente se lo haría, sino implementando un sistema de biodigestores, los cuales almacenen toda esta materia una vez utilizada y ya que su producción es relativamente alta la podremos utilizar para la generación de energía para la propia fábrica ya que al existir máquinas las cuales necesitan de un alto consumo energético el costo de las planillas de luz llega a ser relativamente costoso.

Al implementar este sistema de generación de energía sustentable, en poco tiempo se puede llegar a coleccionar una cantidad significativa de biogás, el cual mediante el uso de tuberías y generadores se producirá energía eléctrica el cual alimenta no solo a las máquinas, sino a su vez puede llegar a alimentar el medidor, es decir lo suministra energía haciendo que el medidor retroceda y así baje el costo del mismo



**Figura 1.5. Planta de biogás**

El metano es un gas que se encuentra en la atmosfera terrestre y es uno de los principales contribuyentes denominado el efecto invernadero.

El aumento de metano en la atmosfera terrestre ha sido notoria desde la última era de hielo a un valor de 1,7 ml m<sup>-3</sup>.

Gas	Potencial de calentamiento
CO <sub>2</sub>	1
CH <sub>4</sub>	21
N <sub>2</sub> O	310
SF <sub>4</sub>	23900
PFC	9200
HFC	11700

**Tabla 2.1 Potencial de calentamiento de los gases de efecto invernadero**

**Fuente: CNE, 2006**

A partir de esta tabla se puede comprar los diferentes tipos de gases y el efecto invernadero que tienes cada uno con su valor asignado, el cual representa una medida de su efecto potencial de calentamiento global.

#### **4.- FACTORES DETERMINANTES EN LA PRODUCCION DE BIOGAS**

A la hora de la creación de biogás, es importante tener muy en cuenta varios factores importantes, los cuales gobiernan el proceso metanogénico.

Los microorganismos metanogénicos son susceptibles a varias condiciones ambientales.

La biotecnología anaeróbica requiere necesariamente de un estricto monitoreo de las condiciones ambientales, siendo estas la temperatura, tipo de materia prima en la cual se tiene que evaluar los diferentes nutrientes que poseen, la concentración de minerales y del pH.

#### 4.1.- Composición bioquímica de diferentes materias primas

Existen diferentes materias primas las cuales podemos utilizar en el proceso de fermentación metanogénica, los cuales pueden ser residuos orgánicos de origen animal, vegetal, agroindustrial, forestal, domestico, entre otros.

En nuestro caso la cebada es un cereal, una materia prima de origen vegetal.

Residuos de origen animal	estiércol, orina, guano, camas, residuos de mataderos (sangre y otros), residuos de pescados.
Residuos de origen vegetal	malezas, rastrojos de cosechas, pajas, forraje en mal estado.
Residuos de origen humano	heces, basura, orina.
Residuos agroindustriales	salvado de arroz, orujos, coquetas, melazas, residuos de semillas.
Residuos forestales	hojas, vástagos, ramas y cortezas.
Residuos de cultivos acuáticos	algas marinas, jacintos y malezas acuáticas.

**Tabla 3.1. Residuos orgánicos**

**Fuente: Varnero y Arellano, 1991.**

El proceso microbiológico requiere fuentes de carbono y nitrógeno, pero a su vez es necesario o deben estar presentes sales minerales las cuales se deben encontrar en equilibrio.

El agua que se encuentra en estas diversas materias primas debe estar en un rango de variación del 10 a 90% del peso fresco del residuo.

Materia Prima	C (%)	N(%)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (%)	K <sub>2</sub> O (%)	CaO(%)	MgO (%)
<b>Excretas:</b>						
Bovino	17,4 – 40,6	0,3 – 2,0	0,1 – 1,5	0,10	0,35	0,13
Porcino	17,4 - 46,0	1,1 – 2,5	0,4 – 4,6	0,30	0,09	0,10
Caprino	35,0 – 50,0	1,0 – 2,0	0,2 – 1,5	2,30		
Equino	35,0 - 52,0	0,3 – 0,8	0,4 – 1,6	0,35	0,15	0,12
Ovino	35,0 – 46,0	0,3 – 0,6	0,3 – 1,0	0,15	0,33	
Conejos	23,0 - 35,0	1,0 – 1,9	0,9 – 1,8	2,10	0,45	0,15
Aves	28,0 – 35,0	1,4 – 2,0	2,0 – 2,8	1,40	0,80	0,48
Patos	29,0 - 41,0	0,6 – 0,8	1,0 – 1,5	0,40	0,80	
Pavos	17,4 – 41,0	0,6 – 0,8	0,5 - 0,8	1,10	0,80	
Humanas	2,5	0,8 – 1,0	0,5	0,30		
<b>Mezclas:</b>						
Porcino+paja	20,0 – 22,0	0,3 – 0,5	0,24	0,63	0,20	
Bovino+paja	44,0 – 46,0	0,3 – 0,5	0,79	1,55	0,30	
<b>Rastrojo:</b>						
Caña maíz	30,0 – 40,0	0,8 – 1,8	0,4 – 0,6	2,40	0,50	0,49
Paja de trigo	16,0 – 46,0	0,53	0,70	0,40	0,26	0,16
Paja de avena	22,0 – 29,0	0,53	0,40	0,30	0,40	
Paja cebada	58,0	0,64	0,19	1,07	0,33	0,33
Paja arroz	40,0 – 42,0	0,64	0,60	0,40	0,60	
Paja haba	28,0 – 33,0	1,5 – 1,9	0,40	2,30	1,35	
Tomate	27,0 – 30,0	2,60				
Papas	30,0	0,34	0,16	0,58	0,64	
Betarraga	30,0	2,00	0,70	5,30	1,95	0,83
Rabanitos	30,0	2,50				
Hojas secas	35,0 – 40,0	1,00	0,30	0,20	2,00	
Aserrín	44,0	0,06	0,01	0,01		

**Tabla 3.2. Rango de niveles de nutrientes en diversos residuos.**

**Fuente: Varnero y Arellano, 1991.**

Como se puede apreciar en la tabla el sustrato lo podemos clasificar en cuatro grupos:

Los sustratos de clase uno, pueden degradarse de manera efectiva en digestores por lotes.

Los sustratos de clase dos, son los que se degradan de manera eficiente en digestores de operación continua.

Los sustratos de clase tres, se deben procesar en digestores de gran eficiencia ya que se caracterizan por poseer una dilución mayor.

Los sustratos de clase cuatro, por su alto contenido de DQO, necesariamente deben procesados en digestores aeróbicos intensivos.

Residuos	Cantidad residuo Ton/ha	Relación C/N	Volumen de biogás	
			m <sup>3</sup> /Ton	m <sup>3</sup> /ha
<b>Cereales (paja)</b>				
Trigo	3.3	123:1	367	1200
Maíz	6.4	45:1	514	3300
Cebada	3.6	95:1	388	1400
Arroz	4.0	58:1	352	1400
<b>Tubérculo (hojas)</b>				
Papas	10.0	20:1	606	6000
Betarragas	12.0	23:1	501	6000
<b>Leguminosas (paja)</b>				
Porotos	3.2	38:1	518	1650
Habas	4.0	29:1	608	1400
<b>Hortalizas (hojas)</b>				
Tomate	5.5	12:1	603	3300
Cebolla	7.0	15:1	514	3600

**Tabla 3.3. Producción de biogás a partir de residuos vegetales.**

**Fuente: Varnero y Arellano, 1991.**

Bajo esta tabla podemos observar que a partir de residuos vegetales (cebada), obtenemos un volumen considerado de biogás, se debe tomar en cuenta que la cebada utilizada es de un proceso de cerveza, por lo cual los datos varían un poco ya que al tener muchos otros compuestos, es decir no es cebada pura, es previamente tratada por varios procesos.

Aun así se demuestra que esta materia prima es una excelente fuente generadora de gas, ya que al colocarla en el biodigestor 20 kilogramos de cebada tratada al instante genero biogás a una temperatura de 24 grados centígrados en horas de la tarde entre las 3 a 4 pm.



**Figura 1.6. Biodigestor que contiene residuos de cebada**

Como se observa en la figura (1.6), el biodigestor comienza a generar biogás casi inmediatamente, después de haber sido colocado la materia prima en su interior, la presión del gas no es lo suficientemente alta como para poder romper la funda que actúa como tapa selladora, pero se observa como el contenedor suda esto porque la cebada está liberando el gas, naturalmente esta materia prima se encuentra húmeda por lo cual no es necesario incluir agua o alguna sustancia como se lo hace en estos pequeños proyectos.

Para poder observar los verdaderos resultados se debe esperar por lo menos 4 semanas en la cual se cumplirán las diferentes etapas de descomposición.

#### **4.2.- Niveles de solidos**

El nivel de solidos contenidos en la mezcla con que se carga un digestor es de vital importancia ya que así se asegura que el proceso se efectuó satisfactoriamente.

Mediante la experimentación comprobamos que un digestor semicontinuo no debe tener más de un 8 a 12 % de sólido para que se asegure un correcto funcionamiento a diferencia del discontinuo que debe tener entre 40 a 60% de sólidos.

En este caso como ya lo mencione no se necesita agregar un porcentaje de agua ya que la cebada ya la contiene, es decir en el proceso que se efectúa la cebada absorbe un porcentaje de agua al momento de hacer la cerveza, esto se podría explicar de una manera sencilla.

Por ejemplo en una parada como común mente se lo conoce cuando se quiere realizar cerveza, de 20 litros al agregar el agua para un proceso de cocción, luego al pasar al proceso de lavados se nota claramente que faltan litros de agua por lo cual se tiene que tener litros extras para agregar, claro dependiendo de la receta de producción.

Esta falta de agua se debe a que la cebada absorbe como una esponja agua, otra parte de esta también puede perderse en la evaporación al momento de la cocción pero en pocas cantidades.

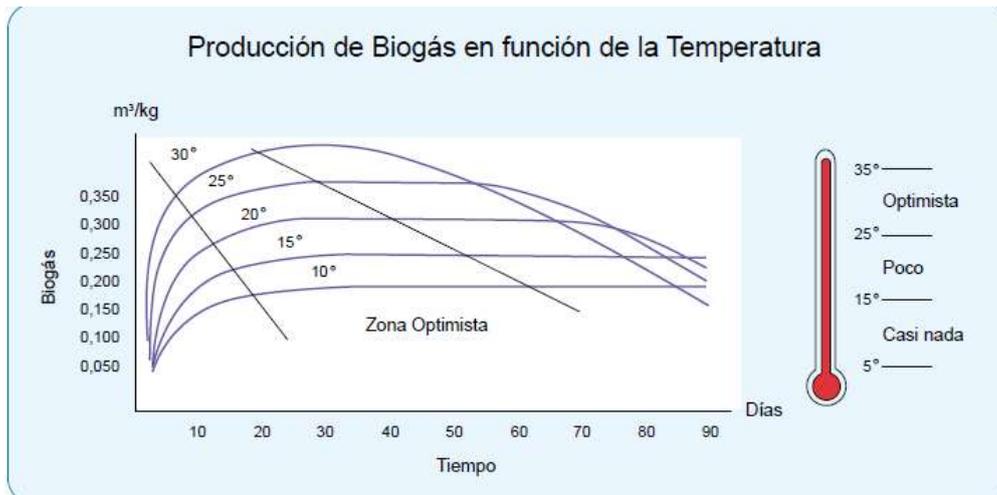


**Figura 1.7. Cocción de cebada para fabricación de cerveza artesanal**

#### **4.3.- Temperatura**

Como ya se ha dicho anteriormente la temperatura juega un papel primordial en la generación de biogás, ya que en temperaturas óptimas es cuando los microorganismos trabajan de mejor manera, lo que al contrario en temperaturas bajas los microorganismos no presenta un trabajo óptimo.

Las variaciones bruscas de temperaturas en el biodigestor pueden ocasionar una desestabilización del proceso para ello es necesario un ambiente controlado de temperatura.



**Figura 1.8. Producción de biogás en función de la temperatura**

**Fuente: Speece (1996)**

En esta imagen podemos ver a que temperatura trabaja mejor el biodigestor en la generación de biogás, a partir de esto los resultados que obtuvimos son:

En los días en los cuales la temperatura se encontraba estable entre 18 a 20 grados se generaba fermentaba y generaba biogás, mientras que en ambientes fríos entre 7 a 10 grados centígrados el gas desaparecía, por lo que se decidió crear un sistema que evite que la temperatura llegue a niveles bajos.

A partir de esto presentamos la siguiente tabla, que nos indica los rangos óptimos en el cual el gas generara y así el tiempo de fermentación variara entre más largos con una temperatura baja, mientras que a temperaturas altas el tiempo de fermentación disminuye.

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

**Tabla 3.4. Rangos de temperaturas y tiempos de fermentación**

**Fuente: Lagrange, 1979.**

## 5.- USOS DEL BIOGAS

### 5.1.- Combustión

La combustión es considerada como una reacción química donde se genera un cambio de energía.

La fórmula de la combustión del biogás es la siguiente



El aire influye directamente en la combustión ya que este debe encontrarse en una proporción del 21%, pero esta cifra debe ser aumentada para lograr una mejor combustión.

La presión óptima para el correcto uso del biogás debe rondar entre los 7 y 20 mbar.

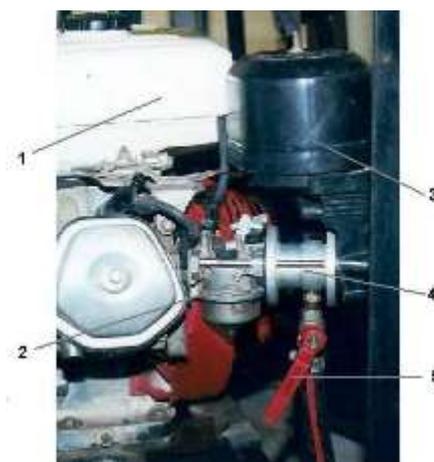
Valores	Biogás*
Valor Calorífico (Kwh/ m <sup>3</sup> )	7.0
Densidad (t/m <sup>3</sup> )	1.08
Densidad con respecto al aire	0.81
Limite de explosión (% de gas en el aire)	6-12
Temperatura de encendido	687
Máxima velocidad de encendido en el aire (m/s)	0.31
Requerimiento teórico de aire (m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> )	6.6

**Tabla 3.5. Energía equivalente de biogás**

**Fuente: Lagrange, 1979.**

Existen muchas maneras de aprovechar el biogás ya sea para generar calor, generación de electricidad a lo cual nos enfocaremos, combustible para vehículos, etc.

Para la generación de electricidad mediante la combustión de biogás, es necesario la implementación de un generador eléctrico, el cual deberá llevar algunas modificaciones para que el motor de combustión interna pueda funcionar con este combustible, ya que la mayoría de generadores funcionan con gasolina, al utilizar el biogás, es necesario crear un tanque de almacenamiento y una bomba la cual lleve el gas hacia la cámara de combustión en la cual se mezclan por un lado el biogás y por el otro aire para crear una mezcla muy rica ya que a través de la explosión puedan mover los pistones y ellos puedan a su vez mover el generador el cual creara la corriente eléctrica



**Figura 1.9. Motor de combustión interna diseñado para funcionar con biogás**

**Fuente: Instituto de motores de combustión interna**



**Figura 1.9. Interior del motor de generador por biogás**

Los resultados de generación de energía a partir del biogás son:

En micro turbinas va desde un rango de generación de 25 a 100 kW y en turbinas grandes se da valores mucho más grandes a 100 kW. El mantenimiento de estos generadores es muy bajo por lo cual esta energía prácticamente se sustenta sola.

Las emisiones que expulsan al ambiente estos generadores no es más que vapor de agua, lo cual no es contaminante a diferencia de un generador de gasolina el cual expulsa gases tóxicos.

En un futuro no muy distante y con la implementación de nuevas tecnologías se podrá generar energía mucho más limpia a la que hoy en día tenemos, la cual se sustente por si sola y que los costos energéticos se reduzcan, que no dependamos del petróleo porque al final se acabara y será necesario buscar otras formas en la cual puedan funcionar autos, motos, fabricas etc.

Al mismo tiempo se podrá crear nuevas fuentes de trabajo, gente especializada en la mantención y cuidado de estaos equipos, hoy por hoy el uso de biogás se ha tomado en muchos países los cuales buscan desesperadamente una nueva forma de no contaminar el ambiente, como hemos visto de cualquier materia orgánica se puede obtener biogás ya sea desde tu casa con un pequeño generador en el cual puedas depositar basura, en este caso nosotros utilizamos cebada que prácticamente es desechada la procesamos y le encontramos dos usos diferentes, el primero como un generador ecológico de gas y el segundo como abono rico en nutrientes para el suelo y así se puede encontrar muchos más usos una gran forma de reciclar y ayudar al planeta que tanto nos ha dado.



Figura 1.0. Implementación energía eléctrica proveniente de biogás en fábrica de cerveza

### Bibliografía:

- Levaduras y bacterias utilizadas en cervezas sour | The Beer Times™. (2018). Retrieved from <https://www.thebeertimes.com/levaduras-y-bacterias-utilizadas-en-cervezas-sour/>
- WikiVisually.com. (2018). Retrieved from <https://wikivisually.com/lang-es/wiki/Acidog%C3%A9nesis>
- Biogás | Energías Renovables | Fundación Energizar. (2018). Retrieved from [http://www.energizar.org.ar/energizar\\_desarrollo\\_tecnologico\\_biogas.html](http://www.energizar.org.ar/energizar_desarrollo_tecnologico_biogas.html)
- Ecológic Biogás, S. (2018). Biogás > Ecobiogas. Retrieved from [http://www.ecobiogas.es/archivos/es/biogas\\_biogasienergia.php](http://www.ecobiogas.es/archivos/es/biogas_biogasienergia.php)
- ¿Qué es el biogás. (2018). Retrieved from <http://www.iesbiogas.it/es/%C2%BFqu%C3%A9-es-el-biog%C3%A1s/527>
- Lo básico para entender el biogás: sus usos y beneficios. (2018). Retrieved from <http://www.redagricola.com/cl/lo-basico-entender-biogas/>
- La cebada: su composición nutricional y los beneficios para la salud. - Nutribonum. (2018). Retrieved from <http://nutribonum.es/cebada/>
- S.L., B. (2018). Levadura de cerveza. Retrieved from <https://www.botanical-online.com/levaduradecerveza.htm>
- Varnero Moreno, M. (2011). *Manual de Biogás*. Roma: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO).

