

¿QUE ES EL BIOGÁS?

Prep.: Dipl. Ing. Gabriel Moncayo Romero (09/2017)

El biogás es un combustible natural, no fósil, de alto poder calorífico dependiente del contenido de gas metano (CH₄).

El poder calorífico del biogás es de 4.700 a 5.500 kcal/m³ o 6,27 kWh/m³ dependiendo del contenido de gas metano (CH₄) y puede generar una cantidad de calor equivalente a 22.000 BTU/m³ o 21.5 MJ/m³ (573 BTU por pie cúbico), valor que puede variar entre 19.7 y 23 MJ/m³. Su temperatura de auto-ignición es similar a la del metano puro y varía de 650 - 750 °C.

Composición del biogás		
Componentes	Unidad	Contenido
Metano	%	50-75
Dióxido de carbono	%	30-45
Nitrógeno	%	1-2
Oxígeno	%	0,1
Sulfuro de hidrogeno	%	0,01-0,40
saturación con vapor de agua	%	80-100

En la tabla siguiente se presentan algunas equivalencias energéticas del biogás.

Equivalencias energéticas 1 m3 de biogás		
Cantidad equivalente	Tipo de Biomasa o sustrato	Capacidad energética
0,6 kg	de diesel	12 kWh/kg
0,7 kg	carbón	8,5 kWh/kg
0,6 m3	gas natural	5.3 kWh/m3
0,24 m3	gas propano	25 kWh/m3
1 m3 biogás	generar electricidad	2,2 kWh

En la tabla siguiente se exponen las características más relevantes del biogás en relación con otros gases.

Características de biogás y comparación con otros gases						
Tipos de gas	Unidad	Biogás	Gas natural	Propano	Metano	Hidrogeno
Poder calorífico	kWh/m3	6	10	26	10	3
Peso específico	kg/m3	1,25	0,7	2,01	0,72	0,09
Relación a la densidad del aire		0,9	0,54	1,51	0,55	0,07
Temperatura de encendido	°C	700	650	470	600	585
Contenido de oxígeno para explosión	Vol.-%	6 - 12	4,4 - 15	1,7 - 10,9	4,4 - 16,5	4 - 7

De la lectura de esta tabla se desprende que el biogás tiene un poder calorífico menor que el gas natural y el gas propano, dependiente lógicamente del % de gas metano. Su densidad es de 1,25 kg/m³ y menos pesado que el aire. Esta característica hay que tenerla muy en cuenta cuando se ingresa en zonas en donde haya fugas de biogás, ya que el biogás no se acumula en el suelo sino que sube a la

superficie rápidamente y se mezcla con el aire formando una mezcla explosiva.

La temperatura de encendido del biogás es relativamente alta en el orden de 700 °C como promedio. La velocidad de encendido es de 0,25 m/s. Debido al contenido de CO₂ del biogás se puede quemar cuando se mezcla con oxígeno entre un contenido de 6-12%. El propano e hidrógeno requieren de menores porcentajes de oxígeno para encenderse.

El contenido de gas metano y dióxido de carbono que se produce de la materia orgánica depende del tipo de sustrato que se aprovecha en el biodigestor.

Contenido de CH ₄ y CO ₂					
Gas	Desechos Agrícolas	Lodos cloacales	Desechos industriales	Rellenos sanitarios	Características
Metano CH ₄	30-80%	40-80%	40-80%	45-65%	Inflamable, inodoro
CO ₂	30-50%	20-50%	30-50%	30-55%	Forma ácido, inodoro, asfixiante
Vapor de agua	Saturación	Saturación	Saturación	Saturación	Corrosivo
H ₂ S	100-3000 ppm	0-1000 ppm	0-5000 ppm	0-10000 ppm	Inflamable tóxico, fetido
Hidrógeno H ₂	0-2%	0-5%	0-2%	0-2%	Inflamable, inodoro
Amoníaco NH ₃	0-1%	0-1%	0-1%	0-1%	Corrosivo, irritante
Nitrógeno N ₂	0-15%	0-3%	0-1%	0-30%	Inerte, inodoro, asfixiante

Oxígeno O ₂	0-1%	0-1%	0-1%	0-5%	Corrosivo
Orgánicos	Trazas	Trazas	0-5 ppm	10 ppm	Corrosivos, olores

En la tabla siguiente se indican las características de los componentes del biogás

	Unidad	CH ₄	CO ₂	H ₂ S	CO	H
Peso específico	kg/m ³	0,72	1,85	1,44	1,57	0,084
Relación de densidad con el aire		0,55	1,53	1,19	0,97	0,07
Temperatura de encendido	°C	600	-	270	605	585
% de O ₂ para explosión	Vol.-%	4,4 - 16,5	-	4,3 - 45,5	10,9 - 75,6	4-77

El biogás no se quema o explosiona con facilidad. No se enciende por si solo, sino que necesita una mezcla de oxígeno-biogás para que encienda. Se debe formar una mezcla homogénea para que se pueda quemar. No se puede encender con un fósforo una fuga de biogás que sale por un hueco de una membrana de cubierta de un biodigestor. El fósforo se apaga inmediatamente al entrar en contacto con el biogás por falta de una mezcla adecuada de oxígeno.

Eso si hay que tener mucho cuidado cuando se escapa el biogás por una rasgadura en la membrana de cubierta o por alguna fuga en un

tanque de almacenamiento, cuando este biogás tiene el tiempo suficiente para mezclarse con suficiente oxígeno y alcanza a formar una mezcla explosiva con un contenido de aire de 6-12 %.

INFORMACION CLAVE SOBRE EL BIOGÁS Y OTROS GASES

1 m ³	biogás	energía
1 m ³	biogás	50 - 75 % contenido de metano
1 m ³	biogás	ca. 0,6 l diesel
1 m ³	metano	9,97 kWh energía
1 m ³	metano	poder calorífico 36 MJ/m ³ o 50 MJ/kg
1 m ³	metano	Densidad 0,72 kg/m ³
1 m ³	metano	+/- 1 l diesel

Biogás	22.000	(BTU/m ³)
CH ₄	47.390	(BTU/kg)
Bunker C	41.025	(BTU/kg)
GLP	47.222	(BTU/kg)
Gas natural	36.000	(BTU/m ³)
Gas natural	38.500	(BTU/kg)
Ethanol	20.105	(BTU/kg)
Diesel 2	40.700	(BTU/kg)
Biodiesel	31.964	(BTU/kg)
Gasolina	41.844	(BTU/kg)
Propano	47.438	(BTU/kg)
Methanol	15.057	(BTU/kg)

APROVECHAMIENTO DEL BIOGÁS

El aprovechamiento del biogás comprende su uso como combustible para la generación de energía eléctrica en generadores y turbinas o para la producción de vapor en calderas.

Un m³ biogás que se aprovecha en un generador de energía eléctrica es suficiente para generar un estimado de 2,2 kWh¹ de electricidad. La producción de electricidad depende considerablemente de la eficiencia de los equipos que se utilizan para el aprovechamiento del biogás.

Por ejemplo si se tiene una producción de biogás de 1000 m³/día se podría instalar un generador de 92 kW. En la práctica se instalaría un generador de 100 kW.

El biogás tiene un poder calorífico de 22.000 BTU/m³. Comparando con el bunker C que se utiliza como combustible en calderas, puede reemplazar un estimado del 53-55 % de su poder calorífico.

El biogás puede ser aprovechando en cualquier tipo de calderas cambiando el quemador y el ingreso de aire (oxígeno) para la combustión del biogás.

¹ Depende de la eficiencia de los generadores

PROPIEDADES DE LOS GASES

La compresión de un gas significa una reducción de su volumen y recíprocamente toda expansión del gas implica una reducción de su presión. Al comprimir fuertemente un gas no sólo se produce una reducción de su volumen, sino que simultáneamente se eleva su temperatura. Si se calienta un gas, aumentan al mismo tiempo su presión y su volumen.

A temperatura constante, los volúmenes que ocupa una determinada masa de gas son inversamente proporcionales a las presiones que soporta.

Así, para una masa m de gas sometida a las presiones p_1 y p_2 a temperatura constante, se tiene:

$$V_1 : V_2 = p_2 : p_1$$

De donde:

$$p_1 V_1 = p_2 V_2$$

El producto del volumen de una masa de gas por la presión a que está sometida permanece constante, si no varía la temperatura.

Ley general de estado gaseoso

Esta ley rige las variaciones simultáneas de presión y volumen que experimenta una masa de gas cuando su temperatura varía. Los gases que siguen rigurosamente esta ley general se llaman gases ideales, por lo cual se le da también el nombre de ecuación de estado de los gases perfectos.

La presión normal es 760 mm. de Hg. o 1 atm o 1,0366 kg./cm² y la temperatura normal es 0°C o 273°K. En consecuencia, el volumen normal de una masa de gases es aquél que ocupa a 1 atm de presión a 273°K de temperatura.

Cálculo del biogás a TPN (temperatura y presión normal)

El volumen de los gases cambia en dependencia de la temperatura y la presión. Con el aumento de la temperatura aumenta el volumen si se mantiene la presión constante. Si la presión aumenta menor será el volumen si la temperatura se mantiene constante. El poder calorífico cambia inversamente proporcional al aumento del volumen. Si aumenta el volumen disminuye el potencial calorífico. Si disminuye el volumen aumenta el poder calorífico

El aumento o disminución de volumen por cambio de la temperatura o presión puede llegar al 20 % en el biogás. Para poder comparar volúmenes de biogás se define el volumen a temperatura y presión normal (TPN).

Que es el volumen TPN?

Como volumen normal se define el volumen de un gas a TPN. El volumen TPN se define de acuerdo a la norma alemana DIN 1343 que define el volumen de un gas a una temperatura $T_n = 273,15 \text{ K}$ ($t_n = 0^\circ\text{C}$) y una presión de $P_n = 101.325 \text{ Pa}$ (= 1,01325 bar = 1013,25 mbar).

Volumen a 0% contenido de humedad

El biogás tiene un diferente contenido de humedad según el sitio en que se toma una muestra en un biodigestor. Con el aumento de la humedad disminuye el poder calorífico del biogás. Para poder comparar dos medidas del volumen del biogás hay que medir el gas con un % de humedad relativa del 0 %.

Que parámetros se deben medir?

Para calcular el biogás a volumen normal TPN hay que medir los siguientes parámetros.

- Volumen
- Temperatura
- Humedad
- Presión del biogás

Cálculo simplificado del volumen del biogás a TPN

El cálculo del volumen del biogás a la TPN se puede realizar en base a la siguiente ecuación simplificada.

$$V_n = V_g \cdot PL \cdot 0,269 / (273 + T_g)$$

V_n = Volumen a TPN

V_g = Volumen del biogás . presión atmosférica (hPa)

PL = Presión atmosférica (hPa) – Presión en el tramo de calibración (10-15 hPa)

T_g = Temperatura del biogás

Características físico químicas del H₂S

El ácido sulfhídrico H₂S. Es un gas sin color, de gusto azucarado y olor a huevo podrido. Su peso específico es de 1,45 kg/m³ (1.013 bar y 15 °C), volumen específico 0.699 m³/kg (1.013 bar y 21 °C) y su peso molecular es de 34,08 mol. Arde y forma una mezcla explosiva cuando su concentración llega a 6%.

Cálculo de volumen de biogás a diferentes presiones y temperaturas

El cálculo del volumen del biogás para diferentes volúmenes y temperaturas se lo realiza en base a la siguiente ecuación.

$$V = (RT/ P)$$

En donde:

R = constante ideal de los gases (62.367)

T = temperatura en grados Kelvin (273.16 + T°C)

P = presión en mm Hg.

Conversión de H₂S en ppm a mg/m³

Para calcular el contenido de H₂S medido en ppm y transformarlo en mg/m³ se utiliza la siguiente ecuación.

$$\text{H}_2\text{S (mg/m}^3\text{)} = (P/RT) \times \text{PM} \times \text{ppm}$$

$$\text{H}_2\text{S (mg/m}^3\text{)} = (P \times \text{PM} \times \text{ppm}) / (62,4 \times (273,2 + T^\circ\text{C}))$$

PM = Peso molecular del H₂S = 34,08

P = Presión del H₂S en mm Hg

H₂S = $P \times 34,08 \times \text{ppm} / (62,4 \times (272,2 + T^{\circ}\text{C}))$

De forma más sencilla, sin tomar en cuenta la presión y la temperatura, se presenta en la siguiente ecuación.

$$\text{H}_2\text{S (mg/m}^3) = 1,52 \times \text{ppm}$$

Conversión de mg/m³ a ppmv

El cálculo de mg/m³ de H₂S a ppmv (partes por millón volumen) se realiza en base a la siguiente ecuación.

$$\text{ppmv} = (\text{mg/m}^3)(273.15 + ^{\circ}\text{C}) / (12.187) (\text{MW})$$

En donde

ppmv = volumen del H₂S por 10⁶ volumen de biogás

mg/m³ = miligramos de H₂S por m³ de biogás

MW = peso molecular del H₂S = 34,08

°C = temperatura del H₂S en grados Celsius