

LIMPIEZA / ACONDICIONAMIENTO DEL BIOGÁS. UNA NECESIDAD PARA UN ÓPTIMO FUNCIONAMIENTO DE LOS SISTEMAS DE COGENERACIÓN

EL ORIGEN DEL BIOGÁS SE ENCUENTRA EN LA DESCOMPOSICIÓN ANAERÓBICA (PUTREFACCIÓN) DE LA MATERIA ORGÁNICA, Y SU CONTENIDO EN METANO (CH₄) SE ENCUENTRA EN UN AMPLIO RANGO DE VALOR, QUE OSCILA BÁSICAMENTE ENTRE 35 A 70 %, Y QUE DEPENDE EN GRAN MEDIDA DE SU MÉTODO DE PRODUCCIÓN Y TIPOS DE MATERIAS INVOLUCRADAS. LA CONCENTRACIÓN EN METANO ES QUIEN LE OTORGA AL BIOGÁS SU CARACTERÍSTICA COMO COMBUSTIBLE. ESTE GAS SI SE LIBERARA A LA ATMÓSFERA CONTRIBUIRÍA AL AUMENTO DEL EFECTO INVERNADERO, EL METANO (CH₄) ES 21 VECES MÁS CONTAMINANTE QUE EL CO₂.

En este sentido, el aprovechamiento del biogás, como combustible o materia prima para la producción de otros productos, es la mejor opción, e implica un beneficio para el medio ambiente, no sólo porque se evita la emisión del gas metano a la atmósfera, sino porque además se reduce la emisión de otros gases causantes del efecto invernadero, que resultarían por ejemplo, de la combustión de combustibles fósiles. Como fuente de energía renovable, el biogás es una fuente inagotable, limpia y que se puede utilizar de forma autogestionada. Es una de las energías renovables más accesible, dada la facilidad de su obtención. Asimismo, su uso genera una menor contaminación ambiental y constituye una alternativa viable al agotamiento de energías fósiles, como el gas natural y el petróleo, dónde además se viene observando un incremento de los precios durante los últimos años.

Con un poder calorífico inferior (PCI) que se encuentra en el orden de los 4.000 a 6.000 Kcal/m³, el biogás se puede aprovechar para producción y venta de electricidad y calor, emplear como biocombustible de automoción, utilizar para introducirse en la red de distribución de gas natural o como materia prima para la producción de H₂ y metanol. No obstante, la vía de aprovechamiento más eficaz del biogás es la cogeneración, con la que se obtiene al mismo tiempo energía eléctrica y térmica.

La tabla 1 muestra la composición típica del biogás de acuerdo a su procedencia, es decir, vertedero o planta de metanización y al tipo de materia a tratar.

Aunque todos los tipos de biogás son aptos para la producción de biometano, los procedentes de proceso controlados, son los que mejor cualidad presentan para su transformación en un gas con características similares al GN, dado la concentración en metano (CH₄) que se puede llegar a alcanzar y la menor concentración en componentes contaminantes que presentan, entre ellos el O₂.

Desarrollo

Para su aplicación, aprovechamiento como material combustible o como materia prima para la elaboración de productos químicos como el metanol e hidrógeno, se debe mejorar su calidad. Para ello, se requiere eliminar de él todo los componentes perjudiciales que a continuación se describen.

Componentes indeseables

Vapor de agua

El vapor de agua disminuye drásticamente el PCI del biogás; por tal motivo, se ve afectado el rendimiento energético de los equipos

BIOGAS CLEANING/ CONDITIONING. A REQUIREMENT FOR OPTIMAL FUNCTIONING OF CHP SYSTEMS

BIOGAS IS OBTAINED THROUGH THE ANAEROBIC DECOMPOSITION (PUTREFACTION) OF ORGANIC MATTER. IT CONTAINS METHANE (CH₄) IN VARYING PROPORTIONS, RANGING FROM 35% TO 70%, A PROPORTION WHICH LARGELY DEPENDS ON PRODUCTION METHODS AND THE MATERIALS INVOLVED IN THE PROCESS. THIS METHANE CONCENTRATION IS WHAT ENABLES BIOGAS TO BE USED AS FUEL. THE RELEASE OF METHANE INTO THE ATMOSPHERE CONTRIBUTES TO AN INCREASE IN THE GREENHOUSE EFFECT AND ITS CAPACITY TO POLLUTE IS 21 TIMES GREATER THAN THAT OF CO₂.

The use of biogas as a fuel or raw material for the production of other goods is the best option, not only because it avoids emissions of methane gas to the atmosphere but also because it reduces emissions of other greenhouse gases that would occur as a result of the combustion of fossil fuels. Biogas is an inexhaustible source of clean, renewable energy, the use of which can be automatically managed. It is one of the most accessible renewable energies, due to the ease with which it can be obtained. Moreover, biogas causes less air pollution and constitutes a viable alternative to the depletion of fossil fuels, such as natural gas and oil, the price of which has been increasing in recent years.

With a net calorific value (NCV) of between approximately 4,000 and 6,000 Kcal/m³, biogas can be used for the production and sale of electricity and heat. It can also be used as a biofuel for vehicles, fed into the natural gas network or used as a raw material for the production of H₂ and methanol. However, the most effective use of biogas lies in cogeneration, through which electricity and heat energy is obtained at the same time.

Table 1 shows the typical composition of biogas in accordance with its origin, i.e., landfill or methanisation plant, and the type of material to be treated.

Although all types of biogas are suitable for the production of biomethane, those from controlled processes provide better quality for conversion into a gas with similar characteristics to NG. This is due to the higher methane (CH₄) concentration that can be achieved and the lower concentration of pollutants, including O₂.

Development

For the application or use of biogas as a combustible material or a raw material for the manufacture of chemical products, such as methanol and hydrogen, its quality must be improved. In order to achieve this, all the harmful components described below must be removed.

Undesirable components

Water vapour

Water vapour drastically reduces biogas NCV and so affects the energy efficiency of equipment involved in

Tabla 1. | Table 1.

Gases	Residuos Agrícolas Agricultural Waste	Lodos de depuradora WWTP Sludge	Residuos Industriales Industrial Waste	Vertederos, RSU MSW Landfills	Efecto Effect
	(%)	(%)	(%)	(%)	
Metano / Methane	50-80	50-80	50-70	45-65	Combustible
CO ₂	30-50	20-50	30-50	34-55	Inerte Inert
Vap H ₂ O	Saturación Saturation	Saturación Saturation	Saturación Saturation	Saturación Saturation	Perjudicial Harmful
H ₂	0-2	0-5	0-2	0-1	Combustible
H ₂ S	100-7000 ppm	0-1	0-8	0,5-3000 ppm	Corrosivo Corrosive
NH ₃	50-100 mg/m ³	Trazas Traces	Trazas Traces	Trazas Traces	Corrosivo Corrosive
CO	0-1	0-1	0-1	Trazas Traces	Combustible
N ₂	0-1	0-3	0-1	0-20	Inerte Inert
O ₂	0-1	0-1	0-1	0-5	Corrosivo Corrosive
Siloxanos Siloxanes	NR	0-100 mg/m ³	NR	0-50 mg/m ³	Abrasivo Abrasive
HCH	NR	Trazas Traces	NR	10-4000 mg/m ³	Perjudicial Harmful

NR. No reportados | NR. Not Reported.

HCH. Hidrocarburos pesados y halogenados (Cl,F,Br) | HHC. Heavy hydrocarbons and halogenated compounds (Cl,F,Br)

involucrados en su utilización como biocombustible (motores, turbinas, calderas, quemadores, etc.). Por ello es adecuado, antes de ser utilizado como material energético, disminuir al máximo su contenido de humedad por cualquier método. A su vez, esta eliminación se hace necesaria para evitar la acumulación de condensados en la línea de gas y, con ella, evitar la formación de ácidos corrosivos, así como, la obturación de las tuberías.

Hidrocarburos halogenados y pesados

Los hidrocarburos halogenados fundamentalmente los que contiene cloro y fluor pueden causar problemas de corrosión en los motores de generación de electricidad principalmente en la cámara de combustión, válvulas y cabeza de cilindros, mientras los hidrocarburos de alto peso molecular en concentraciones elevadas pueden provocar mal funcionamiento del motor debido a que su punto de ignición difiere mucho del punto de ignición del biogás (CH₄). En muchos casos estos combustión parcialmente provocando el aumento de la concentración de formaldehído, COVs y otros componentes en los gases de escape de este tipo e máquina.

Sulfuro de hidrógeno (H₂S)

La desulfurización del biogás es necesaria para prevenir la corrosión y evitar concentraciones tóxicas de sulfuro de hidrógeno (H₂S). Cuando el biogás se quema se forman óxidos de azufre tales como: SO₂/SO₃ que son aún más venenosos que H₂S que le dio origen. Al mismo tiempo, la SO₂ baja el punto de condensación del gas de escape (humos) existiendo la posibilidad de formación del ácido sulfuroso (H₂SO₃) que es altamente corrosivo.

Por otro lado, el sulfuro de hidrógeno (H₂S) al mezclarse con la humedad del aire (agua) o con la propia humedad del biogás en la cámara de combustión de los motores o calderas forma ácido sulfúrico (H₂SO₄) que ataca a las diferentes partes metálicas del mismo, particularmente a los que contienen cobre (Cu), bronce, hierro u otro material, reduciendo considerablemente las prestaciones de estas partes.

Además, en el caso de los motores contamina al lubricante produciendo emisiones de óxidos de azufre en los gases de escape, nocivos para el medio ambiente.

Siloxanos

Entre los componentes de mayor incidencia en el aprovechamiento energético del biogás generado en vertedero y/o en plantas depuradoras están los siloxanos, los cuales producen daños en los motores empleados reduciendo la vida útil de los mismos por el efecto abrasivo que producen en las partes internas de éstos.

its use as a biofuel (engines, turbines, boilers, burners, etc.). Therefore, prior to use as a biofuel, its moisture content should be reduced as much as possible. The removal of this moisture is also necessary to prevent the accumulation of condensates in the gas line and, in consequence, to prevent the formation of corrosive acids and clogging of pipes.

Heavy and halogenated hydrocarbons

Halogenated hydrocarbons, basically those with chlorine and fluoride, can cause corrosion of generator engines, especially in the combustion chamber, valves and cylinder heads. Hydrocarbons with a high molecular weight can cause malfunctioning of the engine, due to the fact that the ignition point differs greatly from the ignition point of biogas (CH₄). In many cases, these hydrocarbons combust partially, causing an increase in the concentration of formaldehyde, VOCs and other components in the flue gases of this type of equipment.

Hydrogen sulphide (H₂S)

Desulphurisation of biogas is necessary to prevent corrosion and toxic concentrations of hydrogen sulphide (H₂S). When biogas is burned, sulphur oxides, such as SO₂/SO₃ are formed and these are even more toxic than the H₂S from which they originate. At the same time, SO₂ lowers the condensation point of the flue gas (fumes), with the possible formation of sulphurous acid (H₂SO₃), which is highly corrosive.

Moreover, when hydrogen sulphide (H₂S) mixes with the humidity in the air (water) or the humidity of the biogas itself in the combustion chamber or boilers, sulphuric acid (H₂SO₄) is formed and this attacks metal components, particularly those containing copper (Cu), bronze, iron or other materials, thereby considerably reducing the performance of these components.

In addition, in the case of engines, it contaminates the lubricant, producing environmentally damaging sulphur oxide emissions in the flue gases.

Siloxanes

Siloxanes are amongst the most common components in biogas generated in landfills and/or treatment plants for energy purposes. They damage engines and reduce

Este efecto se debe a la deposición de sílice que se produce en las diferentes partes como resultado de la combustión que tiene lugar en la parte interna del motor.

Técnicas de separación/eliminación de los diferentes componentes perjudiciales del biogás

Muchas son las técnicas de separación/eliminación que se aplican para reducir estos tipos de componentes. Cada una se dirige a un componente en particular en función del origen del biogás y de su posible aplicación. Así por ejemplo para los siloxanos mediante combinación de técnicas explicaré a continuación la tecnología Biolimp-Siloxa.

Necesidad de la limpieza del biogás

Es necesaria la limpieza del biogás para un óptimo funcionamiento y rendimientos de las máquinas (motores, turbinas, calderas, pilas de combustible, etc.) relacionadas con su aprovechamiento como combustible. Así conseguimos la reducción del coste de mantenimiento (reparación y cambio de aceites) de las máquinas involucradas en este tipo de instalación; una vida útil prolongada de las máquinas y equipos utilizados para su bombeo, extracción y compresión (soplantes y compresores).

Además una mejora en las emisiones de los gases de escape de las máquinas motoras, cumpliendo las normas de emisiones a la atmósfera. Y por último evitar concentraciones tóxicas al ser humano, particularmente concentraciones de H₂S.

Caso práctico. Tecnología Biolimp-Siloxa

La tecnología para el acondicionamiento/ limpieza del biogás (Biolimp-Siloxa) cuenta con un conjunto de equipos que interconectados entre sí permite eliminar por medio físico (térmico y adsorción) el contenido en humedad, siloxanos, compuestos halogenados y H₂S, así como reducir la temperatura del gas hasta valores permisibles para la entrada a motores.

El módulo realiza diferentes operaciones en un orden preestablecido (tecnología multifunción), enfriamiento (reducción de la temperatura), condensación (eliminación de humedad, siloxanos, ácido sulfhídrico) y adsorción (reducción de componentes indeseables, tales como siloxanos, H₂S e hidrocarburos). Para ello, cuenta con diferentes elementos internos que garantizan tal resultado.

Fundamento técnico

Se realiza el enfriamiento del biogás hasta 2 °C. para la eliminación de siloxanos, la condensación para la reducción del nivel de humedad del biogás, el lavado para la reducción de gases ácidos (H₂S) y amoníaco (NH₃) y la adsorción en carbón activo para la eliminación de siloxanos y compuestos halogenados.

Etapas de la tecnología

Las etapas de las que consta esta tecnología es el enfriamiento previo hasta 20 °C. para la reducción de humedad absoluta, el lavado del gas y extracción de condensados, el enfriamiento hasta 2-4 °C para la reducción del nivel de siloxanos y humedad absoluta, el calentamiento del gas y reducción de humedad relativa y por último la adsorción en carbón activado.

La figura 1 muestra la tecnología Biolimp-Siloxa construida en 2008 para el vertedero de Arico- Tenerife Islas Canarias propiedad del Grupo Urbaser.

engine life due to the abrasive effect they exercise on the internal components.

This effect is due to the silica deposited on the different engine parts as a result of the combustion that takes place in the internal part of the engine.

Technologies for the separation/removal of harmful biogas components

Many separation/removal technologies are applied to reduce these types of components. Each is aimed at a particular component, in accordance with the origin of the biogas and its potential application. In the final part of this article, I will describe the Biolimp-Siloxa combined technology for siloxane removal.

Need for biogas cleaning

Biogas must be cleaned for optimum operation and performance of machines (engines, turbines, boilers, fuel cells, etc.) related to its use as a fuel. In this way, we achieve reductions in the costs of maintaining (repair and oil changes) the machines used at this type of facility; extending the life of machinery and equipment used for pumping, extraction and compression (blowers and compressors).

Moreover, we achieve improvements in terms of the flue gas emissions of engines to enable compliance with applicable legislation. And finally, we prevent concentrations of gases that are toxic to human beings, particularly H₂S.

Case study. Biolimp-Siloxa technology

The Biolimp-Siloxa technology for biogas conditioning/ cleaning features a set of interconnected equipment which enables the removal by physical means (heat and adsorption) of moisture, siloxanes, halogenated compounds and H₂S. It also enables the temperature of the gas to be reduced to permissible values for use in engines.

The module carries out different operations in a pre-established order (multi-function technology): cooling (temperature reduction), condensation (removal of moisture, siloxanes, hydrogen sulphide) and adsorption (reduction of undesirable components, such as siloxanes, H₂S and hydrocarbons). For this purpose, the module features a number of different internal elements.

Technical basis

Cooling of the biogas is carried out to bring its temperature to 2 °C for the removal of siloxanes. Condensation is carried out to reduce biogas moisture levels. Scrubbing takes place for the reduction of acidic gases (H₂S) and ammonia (NH₃), and adsorption with activated carbon takes place for the removal of siloxanes and halogenated compounds.

Technology stages

This technology consists of the following stages: preliminary cooling to 20 °C for the reduction of absolute humidity; scrubbing of the gas and extraction of

Las partes de las que consta son el recuperador-lavador, el deshumificador, el tanque de recolección de condensados y los filtros de carbón activo.

La tabla 2 muestra los resultados alcanzados en su operación.

El módulo/tecnología Biolimp-Siloxa es el resultado de cinco años de investigación y desarrollo (I+D+i) de la empresa Energy & Waste SLNE con más de 15 años de experiencia en el área de tratamiento del biogás generado en vertedero, planta de metanización y depuradora de aguas residuales y tratamiento de gases.

Actualmente continua su investigación con vista a logra mayor eficiencia energética y de remoción de contaminaste.



Figura 1 | Figure 1

condensates; cooling to 2-4 °C to reduce siloxane and absolute humidity levels; heating of the gas and reduction of relative humidity, and finally, adsorption with activated carbon.

Figure 1 shows Biolimp-Siloxa technology constructed in 2008 for the Arico landfill in Tenerife (Canary Islands), owned by Grupo Urbaser. It is made up of a recovery-cleaning unit, a dehumidifier, a condensate collection tank and activated carbon filters.

Table 2 shows operating results of the Biolimp-Siloxa technology.

The Biolimp-Siloxa module/ technology is the result of five years of R&D&i carried out by Energy & Waste SLNE, a company with over 15 years of experience in the treatment of biogas generated in landfills, methanisation plants,

wastewater treatment plants and gas treatment plants.

The company is currently continuing its research work with a view to achieving increased energy efficiency and enhanced contaminant removal performance.

Tabla 2. | Table 2.

Flujo Flow	3,000,00	Nm ³ /h		
Temp Entrada Temp inlet	50 °C			
Presión Entrada Pressure inlet	- 200 mbar			
Componentes Components				
	Inlet (mg/Nm ³)	Outlet (mg/Nm ³)	Remoción Removal %	Ahorro de energía Energy saving %
Siloxanos Siloxanes	38	< 1	> 97,3	21
H ₂ S H ₂ S	120	< 1	> 99,2	
BTEX BTEX	750	< 5	> 99,3	
Hidrocarburos Hydrocarbons	3957	< 20	> 99,5	
Peso CA Weight CA	10.000,00	kg		
Nº Filtros Nº. Filters	2			
Vida útil Lifespan	2	meses months		
Costo CA Cost CA	1,9	/kg		



Joaquín Reina Hernández

Director de Energy & Waste Tech
Director of Energy & Waste Tech

Energy & Waste Engineering, S.L.
Tel.: +34932412100 Avda. Diagonal 622, 5pl 08021 Barcelona
www.ewtech-ing.com jreina@ewtech-ing.com

Limpieza /acondicionamiento del biogás (EDAR-Vertederos)
Equipos para biogás
Producción de biometano
Tratamiento de gases de pirólisis y gasificación

Tratamiento de lixiviados
Recuperación de sales disueltos en aguas
Remoción de gases del agua vía membranas y torre de relleno

Proyectos de investigación
Limpieza de biogás y gases
Módulo de cogeneración de baja potencias
Secado de lodos de EDAR
Biodigestores de pequeña producción

FORMACIÓN. Operación de Instalaciones de Captación/limpieza del biogás. Tratamientos térmicos de RSU.