Sistema de Compresión de Biogás y Biometano

José Souza⁽¹⁾ y Lirio Schaeffer⁽²⁾

(1) Universidad Federal de Rio Grande do Sul, Pos-Graduación en Ingeniería de Minas, Metalúrgica y Materiales, PPGE3M, Centro de Tecnología, Laboratorio de Transformación Mecánica (LdTM), Rua Onofre Pires, 285, AP 403, Bairro Ouro Branco – CEP 93415050 Novo Hamburgo–Brasil
(e-mail: josesouza@liberato.com.br)

(2) Universidad Federal de Rio Grande do Sul, Pos-Graduación en Ingeniería de Minas, Metalúrgica y Materiales, PPGE3M, Centro de Tecnología, Laboratorio de Transformación Mecánica
Av. Bento Gonçalves, 9500, Bairro Agronomia, CEP 91501970 Porto Alegre, RS–Brasil
(e-mail: schaeffer@ufrgs.br)

Recibido Abr. 16, 2013; Aceptado May. 29, 2013; Versión final recibida Jul. 16, 2013

!

Resumen

Se presenta una investigación relacionada con un sistema de compresión para biogás a escala piloto, buscando facilitar la utilización y comercialización de este biocombustible. El estudio considera el tratamiento, filtración y compresión del biogás como también su almacenamiento, transporte y la comercialización. El sistema propuesto está compuesto por la sección de filtración, reducción de gases no combustibles (como dióxido de carbono) y la sección de compresión para ser envasado en cilindros. El proceso utiliza el propio biogás como combustible en los motores y equipos. Se establecieron diferentes niveles de presiones para su utilización en diversas aplicaciones obteniendo datos sobre compresión, flujo y composición del biogás.

Palabras clave: biogás, biometano, compresión de biogás, filtraje de biogás, biocombustibles

Biogas and Biomethane Compression System

Abstract

This work presents research involving a pilot scale biogas compression system. In an attempt to make it easier to use and commercialize this biofuel, the study looks at its treatment, filtration and compression. The process studied enables storage, transport and sale of biogas. Without a compression system, the use of biogas is restricted to the production site. On the other hand, when biogas is filtered and compressed there are several different applications in homes, industry, automotive vehicles, and other cases. The system is composed of a sector for filtration, reduction of noncombustible gases such as carbon dioxide and a compression sector for filling cylinders. The process uses biogas itself as fuel for motors and equipment. Different levels of pressure were established to use in various applications. In the experiment, data on compression, flow and composition of the biogas were obtained.

Keywords: biogas, biomethane, biogas compression, biogas filtration, biofuels

INTRODUCCIÓN

Los biocombustibles desempeñan un papel fundamental en el desarrollo y en la búsqueda de sustentabilidad. Sectores económicos y energéticos en el mundo están concentrando inversiones en tecnologías para la producción de biocombustibles. (Cervi et al., 2011). Sectores económicos y energéticos en el mundo están concentrando inversiones en tecnologías para producción de biocombustibles. La sustitución de los hidrocarburos por fuentes alternativas sustentables de generación de energía se ha transformado en una prioridad de los últimos años (Morero y Campanella, 2013). El desarrollo de investigación aplicada es imprescindible para la utilización de estos recursos renovables. El biogás pertenece al grupo de combustibles de fuentes renovables, dado que puede ser producido a partir de residuos. Además de este aspecto, "limpio", este gas puede ser obtenido de materia orgánica con alta demanda química de oxígeno como alcantarillados y residuos orgánicos urbanos. El biogás es un biocombustible que puede sustituir en parte a los combustibles fósiles, pues tiene un gran potencial de producción y por tanto es necesario que se desarrollen tecnologías para su utilización eficaz (Handbook on Biogas Utilization, 1990). La filtración del biogás, reducción de gases no combustibles, transforma el mismo en biometano. Este posee contenidos de metano (CH_4) en torno de 90%. Los microorganismos pueden ser utilizados para la purificación de biogás. Estos pueden remover las sustancias consideradas contaminantes, especialmente para la eliminación de sulfuro de hidrógeno (Varnero et al., 2012). El biometano puede sustituir al combustible vehicular GNV (Gas Natural Vehicular) sin perjudicar la potencia del vehículo y sin grandes modificaciones en los equipamientos. Podrá ser utilizado también en sistemas de refrigeración industrial, equipos de tratamiento térmico, estufas y hornos industriales, equipos de calefacción, climatización, combustible agrícola, motores de combustión interna, turbinas, etc. Además, podrá ser utilizado para producir hidrógeno (H_2), excelente recurso para células de combustible (Watanabe y Tadokoro, 2007). En los complejos de plataformas marinas típicamente se han utilizado sistemas de compresión mediante turbocompresores en los que se utiliza gas proveniente del paquete de endulzamiento localizado en la misma plataforma (Flores et al., 2010). Para el aumento de la eficiencia energética de la planta es importante que se utilice parte de este combustible como fuente de energía en el proceso. Para ello deben ser utilizados motores a biogás o biometano que puedan ser instalados en sistemas de baja presión y acoplados a los equipos. De esta forma se utiliza una pequeña parte del combustible, lo que confiere al sistema un enorme diferencial.

Este artículo tiene como objetivo dimensionar y modelar una estación para compresión de biogás, analizar los procesos involucrados en la producción y evaluar un modelo de sistema que utiliza el propio combustible como fuente de energía. Finalmente, fue demostrado que para la construcción de un sistema económicamente viable es necesario considerar tecnologías existentes en el mercado.

DESARROLLO

Un factor a tener en cuenta en un sistema de compresión de biogás es la necesidad de combustible para ser utilizado en motores de compresores, filtración, bombeo, iluminación, entre otros. Considerando esta situación, fue desarrollado un sistema de acoplamiento para uso directo del combustible en la planta. Para el abastecimiento de energía de la planta fue configurado un sistema de generación de energía eléctrica con biogás para la implantación del control, iluminación y suministro de tensión monofásica 220 Volts 60 Hz. El generador podrá sustituir el abastecimiento de energía de la concesionaria como se muestra en la figura 1.

Fig. 1. Sistema de abastecimiento de energía eléctrica. Red/Generador a biogás en la caída tensión con protección directa

Además del generador fue propuesto el uso de motores a biogás para movimiento, bombeo, filtración y compresión. Así como los motores y bombas el generador de electricidad también utiliza este combustible. La compresión del biogás posibilita el almacenamiento en cilindros y la utilización en vehículos automotores; así, la mayoría de las aplicaciones donde es posible el uso del biogás para la utilización del mismo es necesario comprimirlo a bajas, medias y altas presiones que van de 30 a 240 bar (Rutz y Rainer, 2008).

Niveles de compresión y diferentes salidas

El abastecimiento y utilización de biogás se da en diferentes niveles de presión. Por tanto, las salidas de la planta deben tener en cuenta los niveles de presión de modo que puedan proporcionar el uso directo, carga de cilindros o incluso la inyección en redes de gas. Fue configurado un sistema con abastecimiento de biogás y biometano con tres salidas con presión variable de 4 a 90 bar, tal como puede observarse en la figura 2.

Fig. 2. Salidas y abastecimiento del gas

Tratamiento y conversión de biogás en biometano

En el proceso de purificación del biogás y conversión de este para biometano se retira el dióxido de carbono (CO_2) hasta que el porcentaje de metano quede próxima a del gas natural, para que pueda ser utilizado en los mismos usos finales. Existen diversos disolventes que pueden ser utilizados. Tratándose de solubilidad, el polietileno glicol (PEG) viene siendo utilizado debido a la alta solubilidad del dióxido de carbono y del sulfuro de hidrógeno (H_2S), este último también presente en el biogás en bajas concentraciones (Magalhães et al., 2004). La quema del biogás sin la filtración del sulfuro de hidrógeno puede causar serios daños al medio ambiente (Horikawa, et al., 2004). En la quema del biogás sin remoción del sulfuro de hidrógeno ocurre la formación del dióxido de azufre (SO_2), causante de la lluvia ácida. La mayoría de los biodigestores produce un biogás que contiene entre 0,3 a un 3% de sulfuro de hidrógeno que puede ser eliminado por un filtro compuesto de óxido de hierro (O'Brien, 1991). La filtración del sulfuro de hidrógeno, entre otros componentes, es necesaria para la utilización eficiente, aumento del poder calorífico, concentración de metano y no agresión a las partes metálicas de motores y equipamientos de quema (Rutz y Rainer, 2007).

Almacenamiento

Las formas más comunes de almacenamiento del gas a baja presión son las propias cámaras de biodigestión o gasómetros, globos de vinilo, polietileno de alta densidad (PEAD) y mantas encauchadas (Souza y Schaeffer, 2010); estas formas limitan la utilización del mismo a los locales de producción inviabilizando su transporte. Para las altas presiones la alternativa más viable es el uso de cilindros o tubos de acero inoxidable; los cilindros facilitan el transporte, almacenaje y manipulación, además el biogás puede ser usado como combustible en vehículos automotores. Ya los gaseoductos presentan una ramificación por donde el biometano puede ser inyectado y utilizado por todos los terminales que están conectados a esa red. En la planta fueron utilizados cilindros para metano.

PLANTA DE COMPRESIÓN Y TRATAMIENTO DEL BIOGÁS

El biogás producido en un conjunto de birreactores, después de una pre-compresión pasa por una filtración para reducción de gases no combustibles aumentando el potencial energético y transformando el biogás en biometano. Parte del biogás es utilizada por los motores en los compresores y bombas de los filtros. El biometano obtenido es entonces comprimido para ser almacenado en cilindros y/o utilizado en motores, turbinas y puede ser aún inyectado en gaseoductos. La preparación para el suministro de biogás/biometano consiste en 4 fases distintas que pueden ser verificados en la figura 3.

- Recibimiento del biogás bruto de la fábrica o birreactores, medición y control del volumen, presión y temperatura;
- Compresión del biogás y suministro a baja presión (4-10 bar);
- Producción de biometano: secado del biogás retirando el vapor de agua, filtración del sulfuro de hidrógeno (H_2S), dióxido de carbono (CO_2) y compresión para abastecimiento a media presión (10-40 bar);
- Generación de energía eléctrica con un equipo generador para abastecimiento de la planta y compresión del biometano para abastecimiento a alta presión (40-90 bar).

Fig. 3. Diagrama de la planta de compresión y tratamiento de biogás

En la figura 3 los números significan lo siguiente: 1) Entrada de biogás en la planta; 2) Medidor de flujo; 3) Manómetro; 4) Termómetro; 5) Compresor de biogás; 6) Sensor de presión; 7) Reserva de biogás; 8) Refrigerador; 9) Filtro de H_2S ; 10) Secador; 11) Filtro de CO_2 ; 12) Compresor de biometano; 13) Reserva de biometano; 14) equipo generador a biometano; 15) Válvula de alivio; 16) Refrigeración del agua a biogás; 17) Bomba de agua a biogás. A) Salida de biogás a baja presión (4-10bar); B) Salida de biometano a media presión (10-40bar); C) Salida de biometano a media y alta presión (10-90bar).

El biogás entra en el sistema de compresión y una pequeña parte es utilizada en motores, bombas y generadores de la planta. Con la filtración, la composición del biogás se altera habiendo a partir de entonces una mayor concentración de metano. Enseguida, esta nueva composición, ahora denominada de biometano, pasa por el sistema de compresión lo que posibilita el llenado de los cilindros. También puede ser canalizado por ductos para puntos de almacenaje, o aún conducido a grandes distancias para abastecimiento de redes de gas natural. El biometano puede también ser almacenado en gasómetros mayores para transporte en camiones o trenes.

Composición del biogás utilizado

El biogás es una mezcla de metano y otros gases no combustibles, esta mezcla varía en su composición dependiendo de la materia-prima utilizada en su producción. Esa composición interfiere en el tratamiento y compresión debido al comportamiento diferenciado de los gases en su transformación. Para verificación, fue efectuado un análisis de laboratorio de diez muestras de biogás sin tratamiento. La composición varía conforme puede ser visto en la tabla 1. Las mediciones ocurrieron en intervalo de 24 horas en cargas diferentes. La media de la parte combustible del biogás es del 55,9%. Enseguida fueron efectuados análisis de la composición de ese gas filtrado, el biometano. El resultado puede ser visto en la tabla 2. La parte combustible del biometano es de 87,5%, en media 31,6% mayor que la del biogás.

Tabla 1: Composición del gas antes del tratamiento.

Muestras	Composición del biogás en %			
	(CH ₄)	(CO ₂)	Otros Gases	Parte combustible
1	55	32	13	55
2	53	30	17	53
3	54	29	17	54
4	55	31	14	55
5	52	29	19	52
6	60	27	13	60
7	55	29	16	55
8	52	33	15	52
9	61	27	12	61
10	62	26	12	62

Tabla 2: Composición del biogás después del tratamiento.

Muestras	Composición del biometano %			
	(CH ₄)	(CO ₂)	Otros Gases	Parte combustible
1	89	2	9	89
2	86	4	10	86
3	85	7	8	85
4	84	5	11	84
5	84	4	12	84
6	90	2	8	90
7	88	1	11	88
8	88	0	12	88
9	93	0	7	93
10	88	4	8	88

Compresión del gas

Utilizándose la muestra 3 del biogás con composición de 55%, 31% y 14%, metano, dióxido de carbono y otros gases, respectivamente, analizamos el primer compresor de baja presión donde el biogás es comprimido a 10 bar. En esta etapa el compresor utilizado proporciona un flujo de 120 L/min. El desempeño puede ser visto en la figura 4. Después de la filtración, la presión de biometano es aumentada hasta 40 bar. En esta etapa el compresor suministra un flujo de 40 L/min. El desempeño de aplicabilidad puede ser visto en la figura 5. En el tercer compresor, para alta presión de biometano, el equipamiento suministra un flujo de 23 L/min a 90 bar y el desempeño puede ser visto en la figura 6.

Fig.4. Compresor A (Presión x Tiempo).

Fig.5. Compresor B (Presión x Tiempo).

Fig.6. Compresor C (Presión x Tiempo).

DISCUSIÓN Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

La entrada del biogás en la planta es a través de globos con una presión media de 0,9 bar. Esos gasómetros ocasionaron cargas cíclicas y paradas para el cambio. En una aplicación industrial el biogás posiblemente llegará a través de cañerías desde el biodigestor o fábrica. La compresión ocurrió en tres etapas. El biogás de los globos fue comprimido hasta 10 bar en el primer compresor, enseguida hasta 40 bar en el segundo compresor y por último hasta 90 bar en el tercer compresor. Las etapas viabilizan el suministro de diferentes presiones para aplicaciones diversas. Así mismo, las etapas del sistema permitieron un mejor control de presurización. El biometano mantuvo una concentración del metano por encima de un 84% lo que es satisfactorio para la utilización del gas en aplicaciones industriales. Con eso se evaluó que los filtros fueron suficientes para la reducción de la parte no combustible.

El gas comprimido fue utilizado para quema en dos fogones industriales y en los motores de biogás instalados en la planta. Los compresores de gas visibilizaron un rendimiento aceptable con el aumento de presión en tres niveles diferentes. El tiempo requerido para alcanzar determinados niveles de 10, 40 y 90 bar es aproximadamente 5, 10 y 20 segundos para el compresor de A, B y C, respectivamente. Las figuras 4, 5 y 6 son útiles en el redimensionamiento de compresores para una aplicación específica. Por ejemplo, con sólo una salida de biometano comprimido tomaremos el compresor C con una potencia de dos veces la de B y cuatro veces mayor que A. En el caso de la filtración se obtuvo un valor promedio de 87,5% de metano, que es el mismo porcentaje de la fracción combustible de biometano.

CONCLUSIONES

Para el uso de biogás en los distintos niveles se requieren diferentes tipos de compresores. La definición del tipo de tecnología depende del nivel de compresión deseado. La planta fue diseñada para aplicaciones de compresión de 10, 40 y 90 bar de presión. Además de esos otros niveles pueden lograrse. El sistema de filtrado también tiene un rendimiento diferente que muestra los cambios necesarios para lograr una concentración estándar fijo de metano. Este valor depende del nivel de purificación deseado. Hemos encontrado en la configuración de la planta una serie de aplicaciones para el uso de biogás / biometano como las industrias, agroindustrias, condominios y otros casos. Para aplicaciones a gran escala es necesario llevar a cabo más pruebas y modificaciones.

Con la compresión del biocombustible se viabiliza el envase y transporte. Eso permite la utilización del biocombustible en lugares distantes de los centros de producción. Biorreactores y fábricas de biometano por sí sólo no viabilizan la utilización del gas en lugares alejados del local de producción. La compresión, así como el tratamiento del biometano es el primer paso para la ampliación de la utilización de este biocombustible y para la comercialización del mismo. Esta tecnología podrá contribuir en el aumento del consumo de biometano de forma a cooperar con acciones tomadas para el incremento de biocombustibles en la matriz energética latinoamericana.

REFERENCIAS

- Cervi, R. G., Esperancini, M. S. T., y Bueno, O. C. Viabilidad Económica de la Utilización de Biogás para la Conversión en Energía Eléctrica. *Información Tecnológica*, vol. 22, n°.4, p.3-14. (2011).
- Flores, M. P., Torres, G. J., Rodríguez, J. H. y Alcaraz, A. M., Confiabilidad Operativa de Sistemas para Compresión de Gas y Generación Eléctrica en Complejos Petroleros. *Información Tecnológica*, vol.21. (2010).
- Handbook on Biogas Utilization Published for U. S. Department of Energy Southeastern Regional Biomass Energy Program Tennessee Valley Authority Muscle Shoals, Alabama 35660 - Research institute Georgia institute of Technology Atlanta, Georgia 30332. (1990).
- Horikawa, M. S., F. Rossi, M. L., Gimenes, C. M. M., Costa, M. y Silva G. C. Chemical absorption of H₂S for biogas purification. *Brazilian Journal of Chemical Engineering* Vol. 21, No. 03, pp. 415 – 422. (2004).
- Magalhães, E. A., Souza, S. N. M., Afonso, A. D. L. y Ricieri, R. P. Confecção e avaliação de um sistema de remoção do CO₂ contido no Biogas. *Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel, Paraná, Brasil*. Maringá, v. 26, no. 1, p. 11-19. (2004).
- O'Brien, M. Catalytic oxidation of Sulphides in Biogas, ventilation air and Wastewater streams from Anaerobic Digesters. *Proceedings Food Industry Environmental Conference, USA*. (1991).
- Rutz, D. y Rainer, J. (2007) *BioFuel Technology Handbook*. WIP Renewable Energies Sylvensteinstr. 281369 München – Germany – February. (1991).
- Souza, J. Desenvolvimento de tecnologias para compressão de biogás. *Dissertação de Mestrado, PPGE3M – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre – RS, Brasil*. (2010).
- Souza, J. y Schaeffer, L. Estudo para fabricação de cilindros especiais para biometano. *REVISTA LIBERATO, Educação, Ciência e Tecnologia – v. 11, n. 15, pg 33-38, jan./jun.* (2010).
- Varnero, M. T., Carú, M., Galleguillos, K. y Achondo, P. Tecnologías disponibles para la Purificación de Biogás usado en la Generación Eléctrica. *Información Tecnológica*, vol.23, n°.2, p.31-40. (2012).
- Watanabe, H. y Tadokoro, M. Study of a two-stage fermentation process producing hydrogen and methane from wheat bran. *Proceedings of the Annual Conference of The Japan Society of Waste Management Experts Hisanori Vol:18 Nr:SPACE* pág:169. (2007).
- Morero, B. y Campanella, E. A Simulación del Proceso de Absorción Química con Soluciones de Aminas para la Purificación Biogás. *Información Tecnológica*, vol.24, n°.1, p.25-32. (2013).