

GASIFICACIÓN DE BIOMASA PARA PRODUCCIÓN DE COMBUSTIBLES DE BAJO PODER CALORÍFICO Y SU UTILIZACIÓN EN GENERACIÓN DE POTENCIA Y CALOR

RESUMEN

Gases combustibles con bajo poder calorífico (LCV) generados durante la gasificación de biomasa se prevén como combustibles alternativos para diferentes aplicaciones como son calderas, motores de combustión interna, quemadores y turbinas de gas [1]. Esta fuente alternativa de energía presenta varias dificultades en su utilización; entre otras, la necesidad de la adecuación de un sistema eficiente de filtrado y la adaptación de los sistemas de combustión para recibir un flujo de combustible más elevado con propósito de generar el mismo calor[7].

PALABRAS CLAVES: Biomasa, Combustibles de bajo poder calorífico (LCV), Turbina de gas, sistemas de filtrado.

ABSTRACT

Low heating value gas fuel (LCV) generated from biomass gasification is foreseen as an alternative fuel for small and medium gas turbines. The main problem related to the combustion of LCV gases is the filtration and cleaning of produced gas and the modification required by the combustion system to allow more mass fuel flow.

KEYWORDS: LCV gas, gas turbine, gasification, biomass, filtration

1. INTRODUCCIÓN

El uso gas combustible de bajo poder calorífico LCV derivado de la gasificación de biomasa es una alternativa muy importante para los combustibles fósiles especialmente en pequeña y media escala[3].

La palabra biomasa se refiere a todas las cosas vivas, pero particularmente con respecto al uso como fuente de combustible y de energía de los residuos producidos en la industria agrícola, maderera y plantas de tratamiento de aguas. Estos se pueden agrupar de la siguiente manera[5]

Residuos agrícolas: Pasto, desechos de la producción de maíz y de frutas, cáscara de arroz (Indonesia), cáscara de nueces, residuos de la producción de aceite de soya y de girasol, bagazo de la producción de la caña de azúcar (Brasil).

Desechos orgánicos: Basura doméstica e industrial y desechos de papel

Madera: Madera de desecho de la industria de muebles y puertos, desechos de los jardines y de parques naturales, madera de demolición.

Lodos: Residuos del tratamiento de aguas negras y líneas de conducción de las mismas.

Cada una de las presentaciones de biomasa que fueron descritas anteriormente, requieren de un pre-tratamiento

CARLOS AUGUSTO ESTRADA

Profesor auxiliar

Universidad Tecnológica de Pereira

Msc. in mechanical engineering

Delft University of Technology

(Holanda)

carlos_a_estrada@utp.edu.co

ALBERTO ZAPATA MENESES

Profesor Auxiliar

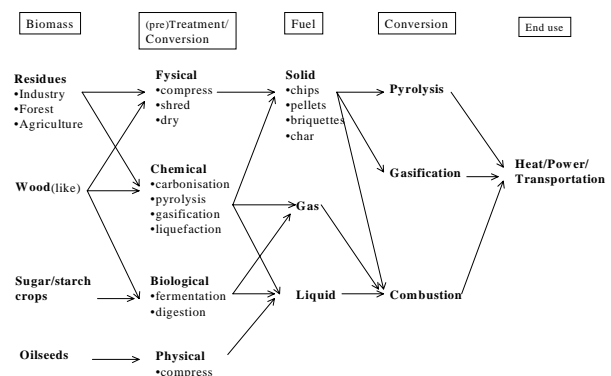
Universidad Tecnológica de Pereira

azapata@utp.edu.co

para que su conversión sea posible. En la siguiente figura se listan los pre-tratamientos necesarios para cada una de las presentaciones de biomasa[7].

Figura 1: Esquema de diferentes los tipos de conversión de biomasa.[7]

Desde tiempos inmemorables la madera, cáscaras y semillas de alimentos como el arroz y las nueces han sido utilizadas como combustible para cocinar, generar calor e iluminación para el alumbrado de las ciudades. Esta práctica se fue modificada a raíz de la revolución



industrial a finales del siglo XVIII, con la aparición de los combustibles fósiles como al carbón y el petróleo; siendo mas evidente a finales del siglo XIX, con la utilización del gas natural y la aparición de la energía nuclear.[2]

Durante y después de la segunda guerra mundial el uso de biomasa se reactivó por las necesidades crecientes de suministro de energía, y fue así como en Francia, Alemania y Suecia se lograron desarrollar algunas técnicas de gasificación para aplicaciones automotrices. Actualmente gran cantidad de investigaciones en el campo de la gasificación de la biomasa están siendo desarrolladas con el propósito de disminuir el impacto ambiental generado por la combustión de combustibles fósiles y la inminente crisis que se espera en los años venideros[6].

Los estimativos de las reservas energéticas en el mundo son aproximadamente de 200 años para el carbón, 50 años para el petróleo y menos de 100 años para el gas natural . Por otra parte, las leyes de control ambiental se han endurecido y actualmente existe un control riguroso en contra de emisiones contaminantes como son los precursores de lluvia ácida (NO_x, SO_x) y los gases causantes del efecto invernadero (CO₂, CH₄ y N₂O). Por todo lo anteriormente descrito, la biomasa se perfila como una excelente alternativa de producción energética a futuro, desplazando o modificando los métodos de producción tradicionales. En el siguiente gráfico se ilustra el estimativo de la utilización de las distintas fuentes energéticas tradicionales y alternativas a futuro[6], [7].

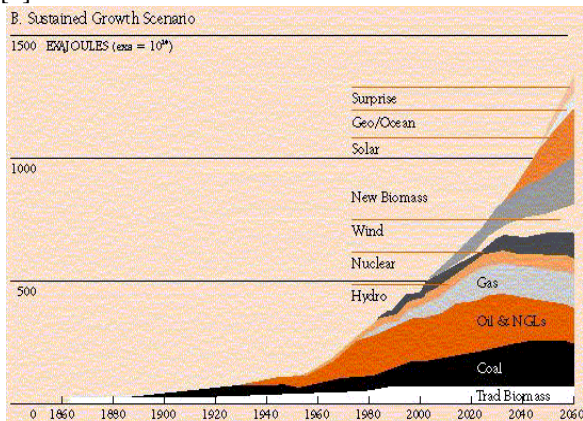


Figura 2: Proyección de utilización de las diferentes fuentes de energía [6], [7]

2. BIOMASA

Biomasa es un tipo de energía renovable que puede reemplazar el uso de algunos combustibles fósiles como el carbón mineral y el gas natural.

Biomasa es principalmente compuesta de carbón, oxígeno, hidrógeno y pequeñas fracciones de elementos minerales como potasio, fósforo, sulfuro y otras. Los componentes principales son normalmente conocidos como celulosa y hemicelulosa. Cuando la biomasa es quemada, el carbono reacciona con el oxígeno produciendo bióxido de carbono, agua y calor. Agua y bióxido de carbono en la atmósfera mas energía solar y algunos compuestos inorgánicos, son absorbidos por las

plantas verdes procesándolos, produciendo carbohidratos que posteriormente son convertidos en madera y tejido vegetal; En otras palabras; nueva biomasa es creada [1]. Esto implica que la combustión de biomasa posee una producción de CO₂ neutra. Actualmente la contribución de la biomasa en la producción total de energía del mundo es aproximadamente el 12%.

Existen varias técnicas para la utilización de la biomasa. En el siguiente gráfico podemos observar cada una de ellas con las respectivas temperaturas de reacción y los productos esperados al finalizar el proceso.

<u>Conversion technique</u>	<u>Temperature range</u>	<u>Pressure</u>	<u>Main products</u>
Combustion	800 - 1200 °C	atm. - high	Heat, CO ₂ , H ₂ O
Pyrolysis	400 - 800 °C	atm. - high	Char, oil, gas
Gasification	650 - 1100 °C	atm. - high	CO, H ₂ , CH ₄ , CO ₂
Hydrothermal Upgrading	250 - 600 °C	very high	Oil, char, gas, CO ₂
Aerobic fermentation	<< 100 °C	atm.	Ethanol, CO ₂
Anaerobic fermentation	< 100 °C	atm.	CH ₄ , H ₂ O

Figura 3: Esquema de las distintas técnicas de utilización de biomasa con sus respectivos rangos de temperaturas y composición del gas combustible producido.

3. GASIFICACIÓN

La gasificación de la biomasa es una tecnología de más de cien años de antigüedad. Hoy es vista como una alternativa a los combustibles convencionales. Gasificación es un proceso térmico en el cual combustibles sólidos tales como madera, residuos agrícolas y otros tipos de biomasa seca son convertidos en un gas combustible con el objeto de producir el llamado “Sinter gas” o también llamado “gas producido” que puede ser quemado en motores de combustión interna, turbinas o en equipos de producción de calor y potencia [1].

Un sistema de gasificación para producción de calor y potencia básicamente consiste en un gasificador, un limpiador de gas y un convertidor de energía que generalmente es un motor o una turbina. En este proceso, la mayor dificultad estriba en el filtrado del “sinter gas”, pues se requiere de equipos con capacidad para operar con gases a elevadas temperaturas, con partículas en suspensión de diferentes tipos y algunas veces altos flujos de masa.

En la siguiente figura se puede apreciar un sistema de gasificación que posee accesorios para el filtrado y lavado del gas que posteriormente es usado en un motor de combustión interna.

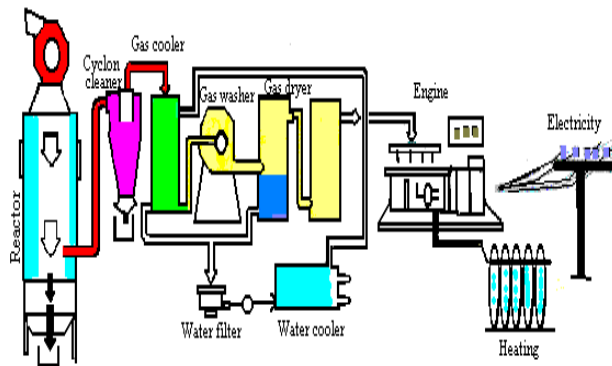


Figura 4: Esquema de un sistema de gasificación con filtrado y lavado del "siter gas" que alimenta un motor de combustión interna.

Los principios básicos de la gasificación de la biomasa han sido conocidos desde finales del siglo XVIII, pero las primeras aplicaciones comerciales datan de 1830. Hacia comienzos de 1850 un gran número de lámparas de alumbrado público en Londres ya funcionaban con gas producido de la gasificación de biomasa, este experimento constituyó en el comienzo definitivo de las investigaciones en esta área. [2].

Cuando la producción de petróleo comenzó a estar disponible, gas combustible producto de la gasificación de biomasa cayó, pero después, la crisis energética de los años 70 disparó el interés en este tipo de alternativa energética. En el presente existe una creciente preocupación en el medio ambiente, que ha hecho generar una serie de cuestionamientos sobre continuar usando combustibles fósiles y por ello la necesidad de producir energía sostenible ha incrementado la investigación en este campo y especialmente en el campo de la gasificación.

3.1 Proceso de la gasificación

En esencia la gasificación es el proceso de conversión de la biomasa sólida en un gas combustible que contiene monóxido de carbono e hidrógeno principalmente por medio de un proceso termoquímico. Este proceso se cumple en una cámara cerrada y sellada que opera un poco por debajo de la presión atmosférica. Este proceso se desarrolla en varias etapas como sigue [4],[5]:

Secado

En este proceso el agua contenida en la biomasa es removido a una temperatura superior a los 100°C [2]

Pirólisis

Es el proceso en el cual la biomasa experimenta una descomposición térmica en ausencia de oxígeno. La pirólisis habitualmente es dividida en pirólisis lenta y pirólisis rápida

Oxidación

Aire es introducido en el proceso. A parte del oxígeno y del vapor de agua, algunos gases inertes también son adicionados. Este procedimiento se realiza entre 700-2000°C.

Reducción

En la zona de reducción, numerosas reacciones químicas a alta temperatura se presentan.

3.2 Gasificadores

La gasificación se produce al interior de gasificadores. Estos dispositivos son unos cilindros especialmente diseñados para este propósito; son caracterizados por el tipo de combustible sólido utilizado y de acuerdo a la manera como el combustible y el aire entran al mismo produciendo la reacción deseada. Los tipos más importantes de gasificadores son [7]:

3.2.1 Gasificador Updraft

Este tipo de gasificador tiene bien definidas las zonas de combustión parcial, reducción y pirólisis. El aire es admitido por la parte baja de gasificador y este circula en contracorriente. El gas combustible es entregado por la parte superior a unas temperaturas relativamente bajas; Pues, el calor sensible del gas es utilizado para precalentar y secar el combustible; con ello, se logran altas eficiencias. Las desventajas que acusa este sistema de gasificación, son el alto contenido de alquitrán del gas producido y la capacidad marginal que tiene en su carga, y por ende la imposibilidad de generación de gas continuo que redundan en dificultades para la utilización en motores de combustión interna.

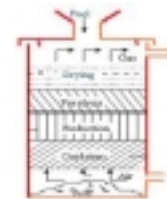


Figura 5: Esquema de un gasificador updraft.

3.2.2 Gasificador Downdraft

El gasificador downdraft entrega el gas combustible por la parte baja y la admisión de aire es realizada por la parte media del mismo. Las dificultades que se tiene que enfrentar en esta configuración es el contenido de cenizas y humedad en el gas producido; por otra parte, requiere de un tiempo prolongado de encendido que puede estar en un rango de 20 a 30 minutos. En general este tipo de

configuración es mas aceptable para aplicaciones en motores de combustión interna y turbinas de gas.

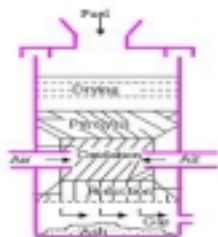


Figura 6: Esquema de un gasificador downdraft.

3.2.3 Gasificador Crossdraft

Este gasificador tiene ventajas significativas sobre los gasificadores updraft y downdraft. El tiempo de arranque es de alrededor 5 minutos, tienen capacidad de operar con combustibles húmedos o secos y la temperatura del gas producido es relativamente alta. De ahí se desprende que la composición del gas producido tiene un bajo contenido de hidrógeno y de metano. Como desventaja se debe considerar la necesidad de se utilizados con combustibles con bajo contenido de cenizas, como son la madera y el carbón mineral.

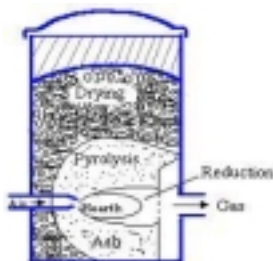


Figura 7: Esquema de un gasificador crossdraft.

3.3 Gas producido de gasificación de biomasa y sus constituyentes

El gas generado después de un proceso de gasificación contiene una mezcla de gases combustibles y no combustibles, agua, polvo y compuestos de sulfuro como (H₂S) y compuestos de nitrógeno como (NH₃, HCN) que son indeseables por generar condensados corrosivos y contaminantes en los gases de escape como los NO_x que son grandes contribuyentes al fenómeno de la lluvia ácida.

Una característica general de los gases combustibles producto de la gasificación de biomasa es el valor de su poder calorífico bajo (LHV) que oscila entre 4.5 y 5 MJ/m³. Este valor es muy inferior al poder calorífico de los hidrocarburos de uso común en la industria y en el transporte. En la siguiente tabla se ilustran algunos tipos importantes de biomasa con sus composiciones y sus poderes caloríficos.

		Polish	Colombian	Eucalyptus	Forest	Natural
		Coal	Coal	Chips	Residues	Gas
CO	[vol%]	9.6	7.68	15.3	11.8	0
CO ₂	[vol%]	11.7	12.1	14	14.8	0.89
H ₂	[vol%]	9.35	9.01	11.3	10.3	0
CH ₄	[vol%]	0.74	1.01	4.3	4.6	81.29
C ₂ H _v	[vol%]	0	0	0.2	0.8	2.87
H ₂ O	[vol%]	16.2	18.3	11.5	13.4	0
NH ₃	[ppmv]	1360	1520	610	2330	0
HCN	[ppmv]	25	55	10	NA	0
H ₂ S	[ppmv]	430	650	30	NA	0
COS	[ppmv]	25	55	<5	NA	0
N ₂ + Ar	[vol%]	52.3	51.7	43.3	43.9	14.35
Tars wet	[MJ/m ³]	65	100	2300	5660	0
Density	[MJ/m ³]	1.15	1.15	1.15	1.15	0.833
HHV	[MJ/m ³]	2.7	2.5	5.2	5.1	35.1

Tabla 1. Composición y poder calorífico del gas obtenido después de la gasificación de algunos tipos de biomasa

4. CONCLUSIONES

El gas combustible producido en un proceso de gasificación de biomasa posee un poder calorífico que fluctúa entre 2.7 y 5.1 MJ/m³. Esto hace que dicho combustible entre en la clasificación de combustibles de bajo poder calorífico (LCV) y por tanto se requiere de la adaptación de los sistemas de combustión para albergar mayores flujos de masa.

Gasificación de biomasa se perfila como un fuente de energía supremamente importante a futuro. El gas combustible de bajo poder calorífico producto de la gasificación de biomasa tiene como ventajas la disponibilidad de la materia prima en casi todos los rincones de la tierra; producción neutra de CO₂ y es versátil pues es posible utilizarlo en calderas, quemadores, motores de combustión interna y turbinas de gas.

5 BIBLIOGRAFIA

[1] C. Turare. Biomass gasification technology and utilisation. Institute university of Flensburg – Germany - <http://mitglied.lycos.de/cturare/bio.htm>

[2] S. R. Turns An introduction to combustion concepts and applications
Second edition – McGraw-Hill Series in mechanical engineering. 2000

[3] F.E. Mahallawy, S.E. Habik Fundamentals and technology of combustion
Elsevier 2002.

[4] P.D.J. Hoppesteyn. Application of low calorific value gaseous fuels in gas turbines combustors.
PhD thesis Delft University Of Technology 1999.

[5] A. Schlegel, S. Buser, P. Benz, H. Bockhorn, F. Mauss Proceedings, 25th Symposium (International) on Combustion, The Combustion Institute, Pittsburgh, PA, pp.1019-1026 (1994)

[6] J.P. Hamalainen and M. J. Aho. Effect of fuel composition on the conversion of volatile solid fuel-N to N_2O and NO. Fuel 74(12): 1922-1924, 1995

[7] W. de Jong. Notes from fuel conversion course (2002)
Delft university of technology (The Netherlands)