

# Evaluación de la eficiencia del proceso de gasificación, de los residuos maderables, individuales vs. mezcla en un gasificador de lecho fijo en el Jardín Botánico José Celestino Mutis de Bogotá

## Evaluation of the efficiency of the gasification process, of the woody, individual residues vs. Mixing in a fixed bed gasifier in the Jardín Botánico José Celestino Mutis de Bogotá

Peña Cabrera Édison Yesid\*, Flórez Pereira Milad Alberto\*, Gabriel Camargo Vargas\*\*, Vega Lilly\* y Zarate Daniel\*\*\*

Fecha de recepción: 14 de junio de 2017 • Fecha de aceptación: 28 de julio de 2017

### Resumen

Este proyecto de investigación comparo el desempeño del eucalipto y de una mezcla de diferentes biomásas durante el proceso de gasificación. Las biomásas se caracterizaron mediante análisis próximo y último, determinación de grupos funcionales por FTIR, análisis termogravimétrico y poder calorífico. Los resultados permiten establecer que el eucalipto presenta un mejor desempeño que la mezcla de biomásas en cuanto al poder calorífico.

**Palabras Claves:** Gasificación, biomasa, poder calorífico, reactor de lecho fijo.

### Abstract

This project evaluated the performance of eucalyptus and a mixture of different biomass during the gasification process. Biomass was characterized by proximate and ultimate analysis, determination of functional groups by FTIR, thermo gravimetric analysis, and heating value. The results allow establishing that eucalyptus presents a better performance than the mixture of biomass in terms of calorific value.

**KeyWords:** Gasification, biomass, Heating value, fixed bed reactor.

\* Facultad de Ingeniería Universidad Libre.

\*\* Docente de la Facultad de Ingeniería Universidad Libre.

\*\*\* Jardín Botánico de Bogotá José Celestino Mutis.

## Introducción

El Jardín Botánico de Bogotá José Celestino Mutis, (JBB) es el ente encargado por la administración distrital de adelantar planes de reforestación y aprovechamiento de podas y especies maderables en la ciudad capital (1). En el marco de estas actividades el jardín ha diseñado una estrategia para el cumplimiento de esta misión y cuenta con personal técnico idóneo para adelantar estas tareas y posee en sus instalaciones algunos recursos que ayudan en esta labor. En el JBB cuentan con dos gasificadores de lecho fijo, para convertir la biomasa resultante en energía eléctrica, y con este proceso suplir un 20% del suministro energético de la institución.

El Jardín Botánico de Bogotá José Celestino Mutis y la Facultad de Ingeniería de la Universidad Libre han firmado un convenio para adelantar labores de mutua conveniencia. El presente proyecto se adelanta dentro del mencionado convenio y busca en una primera fase desarrollar una estrategia que facilite la mejora continua del proceso de gasificación en el jardín Botánico. Para esto se propuso realizar una evaluación de la eficiencia de los gasificadores del jardín empelando para ello dos tipos de biomasa. Una denominada mezclas y que está constituida por las biomasa que llegan al jardín para su aprovechamiento; pino, eucalipto Caucho entre otras. La segunda biomasa es trabajar con solo una de estas especies, la elegida fue el Eucalipto.

Con estas dos biomasa, mezcla y Eucalipto, es posible determinar la eficiencia de los gasificadores y plantear posteriores estudios que faciliten la toma de decisiones con miras a una posible optimización de la generación de energía mediante la gasificación.

Para llevar a cabo este proyecto se desarrolló una metodología que facilitara la consecución de los objetivos planteados.

## Objetivos

El objetivo general del proyecto consistió en evaluar la eficiencia térmica del proceso de gasificación con aire, de mezclas de residuos maderables en comparación con el eucalipto en el reactor de lecho fijo del Jardín Botánico de Bogotá.

Y para ello se establecieron los siguientes objetivos específicos.

- Caracterizar la biomasa proveniente de varios tipos residuos maderables mediante, análisis próximo, análisis TGA y grupos funcionales de la biomasa a la entrada del proceso de gasificación.
- Establecer el comportamiento del Gasificador en las condiciones de Operación.

## Metodología

El logro de los objetivos se planifico de acuerdo a la siguiente metodología:

- Consecución y adecuación de la biomasa.
- Caracterización de la biomasa mediante pruebas de: análisis próximo y último, medición del contenido de lignina, determinación de los grupos funcionales existentes en la biomasa mediante análisis infrarrojo con transformada de Fourier (FTIR), análisis termo gravimétrico de la biomasa en atmósfera oxidante y, poder calorífico de la biomasa.
- Pruebas de gasificación en las actuales condiciones de operación del gasificador.
- Cuantificación de los gases provenientes del gasificador.
- Caracterización del residuo sólido saliente del proceso de gasificación mediante pruebas de FTIR
- Análisis de datos y redacción de informes y otros documentos.

Antes del inicio de cada una de las etapas se sostuvieron reuniones de carácter técnico para realizar un seguimiento del desarrollo del proyecto.

## Recursos disponibles

En el desarrollo del trabajo para la *Evaluación de la eficiencia del proceso de gasificación, de los residuos maderables, individuales vs mezcla en un gasificador de lecho fijo en el Jardín Botánico José Celestino Mutis de Bogotá*, se hizo acopio de los siguientes recursos aportados por las instituciones participantes.

- Jardín Botánico de Bogotá José Celestino Mutis: Gasificadores de lecho fijo suministro de biomasa (Eucalipto, Pino, Caucho, Acacia).
- Universidad Libre: Laboratorio de molinos y tamizado, Bomba Calorimétrica, Espectrómetro Infrarrojo con Transformada de Fourier (FTIR) reactor experimental de pirolisis, cromatógrafo de gases, análisis próximo y ultimo de las biomazas.

## Resultados

Caracterización de materia prima: Los primeros análisis que se realizaron consistieron en la determinación del análisis próximo de las biomazas, mezcla y eucalipto. El análisis próximo permite cuantificar la humedad, materia volátil, carbono fijo y cenizas. Análisis próximo de la biomasa se efectuó según la norma (ASTM-D 3173, 3174, 3175 y 3172 para la determinación de humedad, material volátil, cenizas y carbón fijo respectivamente (2). Los resultados se muestran en la tabla 1.

**Tabla 1.** Análisis próximo de las biomazas.

	Eucalipto (%)	Mezcla de biomazas (%)
Humedad	9.5	11.2
Materia Volátil	13.38	14.43
Carbono Fijo	69.62	63.07
Cenizas	7.5	11.3

Fuente: Propia.

El poder calorífico se cuantificó en una bomba Parr 1341, de acuerdo a la norma DIN 51900. Los resultados se muestran en la tabla 2.

**Tabla 2.** Poder calorífico Biomazas.

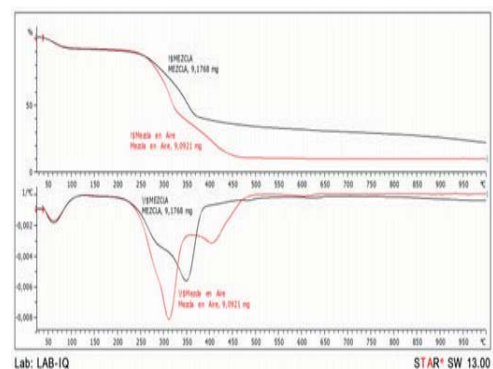
Poder calorífico biomazas	
Tipo de biomasa	Valor (Kj/Kg)
Mezcla	15,23
Eucalipto	17,58

Fuente: Propia.

La determinación de grupos funcionales se efectuó mediante la técnica de Espectroscopia infrarroja con transformada de Fourier (FTIR) en un equipo IR Prestige -21 SHIMATZU, según norma ASTM WK 24875.

Desde la perspectiva de este proyecto la caracterización más importante la constituye el análisis termogravimétrico (TGA por sus iniciales en inglés). Esta prueba se realizó en dos atmosferas Inerte y oxidante, los resultados de las mismas se muestran en la gráfica 1, en la cual la curva de color rojo resalta las variaciones debida a la pérdida de peso en una atmosfera oxidante y la curva de color negro la pérdida de peso efectuada en una atmosfera inerte (3-5). La grafica superior es el termograma y la inferior la derivada de los datos.

**Figura 1.** Termograma de las biomazas, mezcla y eucalipto en dos atmosferas diferentes.



Fuente: Propia.

Las pruebas de gasificación se efectuaron para la mezcla de biomasa empleando para la misma un total de 15 kg de biomasa en el gasificador que se muestra en la figura 2.

**Figura 2.** Gasificador de Lecho fijo del JBB.



**Fuente:** Propia.

## Análisis de resultados

Según la evidencia recolectada en el análisis próximo, la principal diferencia entre la biomasa constituida por la mezcla de biomásas y la de solo Eucalipto, la constituye la menor cantidad de agua que posee el eucalipto con respecto a la mezcla y el mayor contenido de carbono fijo del eucalipto frente a la mezcla. Estos números permiten especular que en la gasificación del eucalipto solo se puede esperar un mejor desempeño e eficiencia energética que el que se obtiene con la mezcla, debido a que se invertirá menos energía para evaporar el agua en el caso de solo eucalipto al compararla con el resultado de gasificar mezcla.

En las pruebas de pequeña escala los gases del proceso de pirolisis difieren entre la biomasa de mezcla y la biomasa de solo eucalipto, la primera presenta una mayor cantidad de agua y oxígeno al compararla con la de solo eucalipto donde existe una mayor cantidad de monóxido de carbono e hidrogeno, dos gases que después se quemaran con el oxígeno del aire para generar la energía eléctrica.

## Recomendaciones

Según los resultados obtenidos en este proyecto se solicita determinar el perfil térmico del gasificador y trabajar variando el grado de mezclas entre las diferentes biomásas y en cada caso determinar la eficiencia del proceso. Para ello la Universidad Libre ya dispone de la cámara termo gráfica y se puede con ella mostrar puntos calientes en el proceso. Y se cuenta con herramientas cuantitativas para estudios más elaborados sobre los gases emitidos en el proceso de pirolisis previo a la gasificación.

Se recomienda un estudio que permita evaluar el efecto del tamaño de partícula en el proceso de gasificación y de esta manera poder determinar si un tamaño de partícula con una mejor distribución mejoraría el proceso del gasificador.

Este proyecto se presentó en:

El encuentro regional de semilleros de investigación (proyecto en curso) y paso al Encuentro nacional de semilleros de investigación en Cúcuta en el año 2016.

Encuentro Regional de Semilleros de investigación (proyecto terminado) en el año 2017.

## Referencias bibliográficas

Basu Pradir. Biomass Gasification and Pyrolysis. Practical Design and Theory. Academic Press. New York. (2010). Capítulos 2 y 5.

Brown Robert. *Thermochemical Processing of Biomass: Conversion into Fuels, Chemicals and Power.* John Wiley and Sons. (2011). Capítulos 2 y 3.

Decreto 531 de 2010. Alcaldía Mayor de Bogotá (2010).

Fonseca S., Rodríguez H., Camargo G. Caracterización de Residuos de Maíz del Municipio de Ventaquemada, Colombia. *Avances en Ciencias e Ingeniería.* 8(2) 29-36 (2017).

Tillman D. A. *Fuels from Waste.* Academic Press. New York (1977).