

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN COMBUSTOR DE BAJO COSTO PARA EL APROVECHAMIENTO ENERGÉTICO A PARTIR DE LA BIOMASA RESIDUAL DENSIFICADA

David Mauricio Sáenz Mejía¹, dmsaenz29@gmail.com

Liseth Paola Ortiz Villero¹, naudel93@gmail.com

Fernando Javier Calvo Silva², fernando.calvos@upb.edu.co

Rafael David Gómez Vásquez², rafael.gomezv@upb.edu.co

¹ Estudiante Facultad de Ing. Mecánica Universidad Pontificia Bolivariana Montería

² Docente Facultad de Ing. Mecánica Universidad Pontificia Bolivariana Montería

1. INTRODUCCIÓN.

La contaminación ambiental en el planeta tierra se ha hecho visible en forma acelerada, generando preocupación por el problema energético-ambiental en el que se encuentra debido a la excesiva dependencia de las fuentes tradicionales (como el petróleo, el carbón o el gas natural) para la generación de energía, produciendo así un efecto negativo en el ambiente que está creciendo aceleradamente sin ningún tipo de control, lo que ha motivado la búsqueda de alternativas más sostenibles y amigables con el medio ambiente a través del desarrollo de energías renovables, como la combustión de biomasa, que permite transformar los residuos en energía y reducir de esta forma el impacto negativo de la actividad humana en el medio ambiente. El uso de la biomasa con respecto a otras fuentes de energía es de tipo medioambiental, social y económico esto la está convirtiendo en una de las energías renovables más demandadas en todo el mundo.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN

La cantidad de biomasa residual producida en el sector agrícola es el eje central del estudio, ya que hay gran variedad de biomasa generada por este sector, pero el foco de investigación será la biomasa residual densificada de la tusa del maíz; el maíz es un alimento importante para muchas personas en África, Asia y América Latina y se utiliza en la alimentación animal en América del

Norte y algunas partes del mundo. En África subsahariana, el maíz es un alimento básico para un estimado de 50% de la población IITA, 2009 y sigue siendo el cultivo agrícola más importante desde hace más de 70 millones de familias de agricultores en todo el mundo. Si a la gran variedad de biomasa existente aplicamos distintas tecnologías podemos transformar esta energía para usarla en producción de energía térmica que no es más que un sistema de combustión directa y es utilizado para dar calor, se puede utilizar directamente para, por ejemplo, cocinar alimentos o secar productos agrícolas, también se pueden aprovechar para hacer vapor para la industria o para generar electricidad.

La deforestación es un problema ecológico que afecta demasiado los ecosistemas ocasionando impactos negativos entre los cuales se encuentran las pérdidas en diversidad biológica y poblacional de los ecosistemas. La tasa de deforestación de los territorios cobijados por la reserva forestal creada por Ley 2 de 1959, hasta el 2006, era de 40.000 ha/año y el proceso de deslinde territorial continúa. Para la zona sur del departamento de Córdoba, entre 1987 y el 2010, la tasa anual fue de 10.150 ha/año (en 23 años se perdieron 169.425 ha de bosques naturales). (anun, 2015)

3. OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Diseñar y construir un combustor de biomasa residual densificada de bajo costo utilizado para el aprovechamiento de energía térmica.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Estudiar las características combustibles de la biomasa residual densificada que permitan establecer parámetros de diseño del quemador.
- Evaluar el comportamiento termodinámico del proceso de combustión analizando los efectos de la transferencia de calor y condiciones fluido-dinámicas mediante análisis CFD
- Desarrollar un quemador de biomasa con materiales de bajo costo empleando elementos comerciales prefabricados y elementos de pieza reciclables.

4. REFERENTE TEÓRICO.

La biomasa es todo el material orgánico de origen biológico, que son algas, plantas, arboles, cultivos, desechos orgánicos y residuos forestales y agrarios. La energía de la biomasa se deriva del mismo material vegetal y animal. El valor energético de la biomasa de materia vegetal proviene de la energía solar a través de la fotosíntesis. La energía química que se almacena en plantas y animales, o en los desechos que producen se llama “bioenergía”. Durante procesos de conversión tales como la combustión, la biomasa libera su energía en forma de calor, y el carbón se oxida nuevamente con el dióxido de carbono para restituir el que fue absorbido durante el crecimiento de la planta (Biomasa, 2005). Esencialmente, el uso de la biomasa para la energía es el proceso invertido de la fotosíntesis. Directamente o indirectamente convirtiéndola en un combustible líquido o gaseoso. La energía neta disponible en la biomasa por combustión es de alrededor de 20MJ/kg para la materia vegetal seca en horno, (Biomasa, 2005).

La combustión es una reacción entre un comburente y un combustible, la combustión existe

cuando quemamos la biomasa con mucho aire (20-40% superior al teórico) a una temperatura entre 600 y 1.300°C, con desprendimiento de luz y calor. Se denomina comburente al medio de reacción que permite que ocurra una combustión. En nuestro planeta, el comburente natural es el oxígeno (O₂). Sin oxígeno no es posible una combustión Se define combustible a toda sustancia capaz de arder. Los combustibles se clasifican de distintas maneras, ya sea por su origen –naturales o artificiales- o por el estado físico en que se hallan a temperatura ambiente –sólidos, líquidos o gaseosos.

$$\begin{aligned} \dot{Q}_{ent} + \dot{W}_{ent} + \sum \dot{n}_r (\bar{h}^{\circ}_f + \bar{h} - h^{\circ}) \\ = \dot{Q}_{sal} + \dot{W}_{sal} \\ + \sum \dot{n}_p (\bar{h}^{\circ}_f + \bar{h} - h^{\circ}) p \end{aligned}$$

Donde el lado izquierdo de la igualdad representa la tasa de transferencia neta de energía hacia el sistema por el calor, el trabajo y la masa. El lado derecho representa la tasa de transferencia neta de energía fuera del sistema por el calor, el trabajo y la masa. \dot{n}_p y \dot{n}_r representan las razones de flujos molares del producto p y el reactivo r . (Cengel & Michael)

Toda combustión completa libera, como producto de la reacción, dióxido de carbono (CO₂) y agua en estado de vapor (H₂O); no importa cuál sea el combustible a quemar. Estas sustancias no son tóxicas, pero el dióxido de carbono es el mayor responsable del calentamiento global.

La combustión es incompleta cuando la cantidad de O₂ no es suficiente para quemar de modo completo al combustible. Los productos de la combustión incompleta varían según la cantidad de oxígeno disponible. Generalmente se forma monóxido de carbono (CO), gas sumamente tóxico. Esta sustancia produce la muerte por asfixia, ya que se combina con la hemoglobina de la sangre a una velocidad mayor que la del oxígeno. Esto significa que, aun habiendo oxígeno en el aire, la hemoglobina absorbe al monóxido de carbono antes, formando una molécula compleja muy estable.

La potencia de salida de la estufa puede calcularse por medio de la ecuación.

$$P_{sal} = \frac{mfE_f}{tf}$$

Dónde P_{sal} es la energía térmica (kW), mf es la masa de combustible quemado (kg), E_f es el valor calorífico del combustible (kJ / kg) y tf es el tiempo de combustible quemado (s). El consumo de combustible describe la cantidad de combustible quemado para hervir una determinada masa de agua. La tasa de consumo de combustible se puede calcular mediante las siguientes ecuaciones.

$$\phi = \frac{P_{sal}}{E_f}$$

Donde ϕ es la tasa de consumo de combustible (kg / s). La eficiencia de la estufa indica la eficiencia de la energía térmica liberada del combustible se transfiere al medio de cocción. La eficiencia de la estufa puede ser estimada.

$$\eta = \frac{m_w C_p (T_b - T_i) + m_v H_v}{\dot{m}_f E_f}$$

Donde η es la eficiencia, m_w es la masa inicial de agua (kg), C_p es el calor específico del agua (kkal / kg°C), T_b es la temperatura del agua hirviendo (°C), T_i es la temperatura inicial del agua (°C), m_v es la masa de agua evaporada (kg), H_v es el calor latente de evaporación (kJ / kg) y \dot{m}_f es la velocidad de combustión del combustible (kg / s). (Febriansyah, Setiawan, & Suryoprato, 2014).

5. METODOLOGÍA.

La investigación propuesta es de tipo experimental basada en un diseño factorial teniendo en cuenta variables como las revoluciones por minuto del alimentador de aire y la cantidad de biomasa utilizada entre otras. Esta se llevará a cabo a través de las etapas que a continuación se exponen.

- *Estudio de las propiedades combustibles de la biomasa residual densificada.*

Se realizará un análisis de las propiedades fisicoquímicas para obtener valores de poder

calorífico, densidad energética en los productos densificados, análisis próximos y elementales, etc. a través de consultas en bases de datos. Esta información se utilizará para realizar análisis de sistemas reactivos (ver ecuaciones de sistemas reactivos) que permitan posterior dimensionamiento del quemador.

- *Análisis fluido dinámico del combustor*

Haciendo uso de herramientas de CFD se estudiará el comportamiento dinámico del aire en el quemador, así como la distribución de temperaturas en el mismo producto de la combustión de la biomasa densificada.

- *Construcción del quemador de biomasa*

Luego de haber realizado los estudios pertinentes se procede a la fabricación del mismo. Para esto se hará uso de materiales comerciales pre fabricados, así como elementos reciclables.

- *Desarrollo experimental*

Una vez construido el dispositivo se procede al diseño de experimentos factorial teniendo en cuenta la relación aire-combustible. Con esto se desea encontrar la condición óptima de operación en la región de experimentación.

6. RESULTADOS ESPERADOS

La operación funcional de un dispositivo para el aprovechamiento de energía térmica mediante combustión de biomasa. Este dispositivo deberá ser fácil de manufacturar y con una tecnología simplificada que permita el posterior uso en aplicaciones prácticas. Para el desarrollo de esto, se deberán tener resultados de investigación y desarrollo experimental mediante el diseño y lectura de una batería de experimentos, una simulación CFD y modelo termodinámico ajustado del proceso que permitan encontrar la condición óptima de operación para el combustor (relación aire-combustible, emisiones, temperatura de combustión).

7. BIBLIOGRAFÍA

anun. (1 de enero de 2015). Expertos indican que cifras oficiales sobre deforestación son dudosas. *El Espectador*.

Biomasa. (25 de Noviembre de 2005). Obtenido de Textos científicos:
<http://www.textoscientificos.com/energia/biomasa>

Cengel, Y., & Michael, B. (s.f.). *Termodinamica*. McGrag-Hill.

Febriansyah, H., Setiawan, A. A., & Suryopratomo, K. (2014). Gama Stove: Biomass Stove for Palm Kernel Shells in Indonesia. *Energy Procedia*, 128.