

## COMBUSTIÓN DE BIOMASA CON MIRAS AL USO DE ENERGÍA TÉRMICA EN MICROGENERACIÓN RANKINE

Andres Camilo Aarón Anaya<sup>1</sup>, andres.aaron@upb.edu.co

Wilder Johan Duque Jaramillo<sup>1</sup>, wilder.duquej@upb.edu.co

Rafael David Gómez Vasquez<sup>2</sup>, rafael.gomezv@upb.edu.co

<sup>1</sup>Estudiante Facultad de Ing. Mecánica, Universidad Pontificia Bolivariana Montería

<sup>2</sup>Docente Facultad de Ing. Mecánica, Universidad Pontificia Bolivariana Montería

### 1. INTRODUCCIÓN

La propuesta investigativa desarrollada a continuación tiene como foco la generación de potencia eléctrica mediante motores RSE empleando como combustible la biomasa residual del cacao para la producción y posterior aprovechamiento del calor mediante una caldera. El trabajo investigativo tiene como fin impulsar el uso de fuentes alternas de energía en aplicaciones de baja potencia a nivel departamental. El conocimiento desarrollado a partir de esta investigación podrá ser empleado como base teórica en estudios posteriores relacionados con las fuentes alternas de energía, añadiendo a las fuentes bibliográficas de la universidad información relacionada con el potencial de uso energético en combustión de la biomasa residual de cacao en sus diversas variedades cultivadas en la región.

Dentro de los procesos de oxidación encontramos la combustión, la cual no es más que un proceso de transformación de la materia en presencia de un agente oxidante ( $O_2$ ), mediante el cual se libera energía en forma de calor. La materia que se transforma recibe el nombre de combustible y la cantidad de energía capaz de liberar mediante su combustión es proporcional a los elementos químicos que lo constituyen, dentro de los agentes combustibles encontramos la biomasa, producida por los procesos fotosintéticos, cuya principal característica es la baja emisión de GEI (gases efecto invernadero).

La biomasa residual del cacao se puede hacer reaccionar en presencia de oxígeno mediante una reacción de combustión con el fin de obtener energía

térmica para la generación de vapor mediante una caldera, de esta forma, el vapor a alta temperatura y presión puede ser empujado mediante un ciclo de potencia de gas como el Rankine para producir energía mecánica, la cual a su vez, puede ser convertida en energía eléctrica.

### 2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Córdoba, en contraste con otras regiones que carecen de centrales hidroeléctricas, es uno de los departamentos de la costa caribe que presenta índices elevados de Población con déficit de energía eléctrica, así como grandes cantidades de zonas no interconectadas, El desaprovechamiento de fuentes alternas de energía, las deficientes líneas de distribución y el crecimiento demográfico acelerado que experimenta el departamento contribuyen directamente con dichos índices, Teniendo en cuenta que la economía del departamento está basada en la agricultura y la ganadería, la ubicación geográfica de el mismo y las cantidades de desecho producto de las actividades anteriormente mencionadas encontramos que tanto la biomasa como la energía solar son comúnmente desaprovechadas en la región, la biomasa, hace parte de las fuentes alternas de energía pero a diferencia de la energía solar esta debe ser aprovechada mediante el proceso de combustión o gasificación para la producción de energía térmica o eléctrica según las necesidades. Dentro de la generación de potencia eléctrica a partir de biomasa, se encuentra la tecnología RSE en sistemas de baja potencia.

Requisitos técnicos	Los combustibles de origen agrícola -COA- deben cumplir con un rendimiento eléctrico equivalente mínimo, en contraste con los combustibles actuales
Inflexibilidad Y desviaciones	Las plantas de cogeneración que superen los 20 MW deben acogerse al despacho central, declarándolas inflexibles y limitando su capacidad de asignar costos, por otro lado, las desviaciones con respecto a su propósito serán penalizadas.
Conocimiento	El conocimiento acerca de las implicaciones operacionales, alternativas tecnológicas, costos de oportunidad, costos de manejo, niveles de producción y niveles requeridos para el uso eficiente de los COA es limitado

**Tabla 1** Barreras de la cogeneración con biomasa, Autor: UPME.

### 3. OBJETIVOS.

#### OBJETIVO GENERAL:

Estudiar el potencial energético de la biomasa residual de cacao con miras al uso de energía térmica en un sistema de microgeneración con ciclo Rankine.

#### OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Formular una experimentación multinivel factorial que permita obtener regresiones operativas del proceso de la microgeneración Rankine
- Desarrollar pruebas experimentales de combustión de biomasa residual de cacao densificado y en estado natural.
- Desarrollar el prototipo de caldera a emplear en la generación de vapor a partir del calor generado por la biomasa.

### 4. REFERENTE TEÓRICO

Energía: capacidad para causar cambios

Formas de energía: La energía puede existir en varias formas: térmica, mecánica, cinética, potencial, eléctrica, magnética, química y nuclear.

Energía térmica: energía interna de un sistema que es proporcional a su temperatura

Combustible: Cualquier material que puede quemarse para liberar energía

Combustión: reacción química durante la cual se oxida un combustible y se libera una gran cantidad de energía.

Temperatura de flama adiabática: el caso límite en que no hay pérdida de calor hacia los alrededores, la energía química liberada durante un proceso de combustión se usa internamente para elevar la temperatura de los productos de combustión.

Ciclo Rankine: ciclo termodinámico ideal para las centrales eléctricas de vapor. Compuesto de los siguientes cuatro procesos:

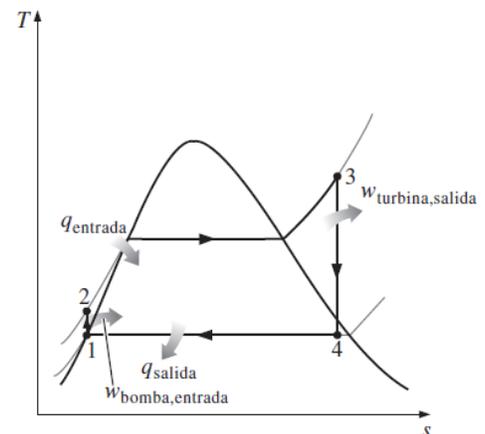


Ilustración 1: ciclo Rankine autor: (Yunus Cengel, 2015)

Biomasa: Cantidad de productos obtenidos por fotosíntesis, susceptibles de ser transformados en combustible útil para el hombre y expresada en unidades de superficie y de volumen.

Gasificación de biomasa: conjunto de reacciones termoquímicas que se produce en un ambiente pobre en oxígeno, y que da como resultado la transformación de un sólido en una serie de gases susceptibles de ser utilizados en una caldera, en una turbina o en un motor, tras ser debidamente acondicionados.

### Sistema de vapor rotativo

El ciclo termodinámico RSE, Rankine, inicia con el ingreso de vapor a alta presión desde la caldera conectada a la cámara de expansión de la máquina, la configuración RSE expande y reduce la presión de salida del vapor, llevándolo hacia el condensador que cambia de estado el fluido de trabajo (vapor).

El ciclo aplicado en los RSE en contraste con un ciclo ordinario Rankine, no requiere que la presión de salida del vapor después de ocurrida la expansión sea la presión en el condensador, está depende de una relación de volumen en la cámara de expansión, la presión de entrada en el condensador es controlada por una válvula de salida (KAlanne, et al. 2012).

La configuración RSE desarrollada en la universidad de Aalto en Finlandia constan de dos cámaras con relación de volumen  $V_2/V_1$  ( $V_2$ , es el volumen antes de la expansión,  $V_1$  volumen después de la expansión), que es óptima sólo para ciertas consideraciones de la caldera y el condensador, esta debe ser dimensionada según las condiciones de operación, es decir: para una relación de volumen 1:4 es óptima una temperatura de caldera de 165°C y una temperatura en el condensador entre 100-110 °C (K. Alanne, et al. 2011).

### Ventajas de operación de los RSE sobre otro tipo de máquinas térmicas

Los sistemas RSE son compactos y necesitan poco espacio para su funcionamiento. Trabajan con cualquier tipo de fluidos ya que toleran altos grado de humedad en la zona de la expansión (M. Antonelli & L.Martorano. 2012).

Son capaces de trabajar con pequeños caudales sin pérdidas de eficiencia en el aprovechamiento de la energía. En el estudio sobre máquinas RSE para la generación distribuida en plantas de pequeño tamaño, los autores Marco Antonelli y Luigi Martorano evaluaron rangos de potencia producida entre 5 y 50 Kw, controlando la presión de entrada de vapor, con un carrera de 330  $cm^3$ , una velocidad de rotación de 3000 rpm y una eficiencia volumétrica considerada del 0,7% (M. Antonelli & L.Martorano. 2012).

Los rotary steam engine funcionan con bajas temperaturas de operación produciendo una eficiencia eléctrica entre el 15 y el 20% según se varíe la potencia eléctrica obtenida entre 1 y 10  $KW_e$ . (M. Antonelli & L.Martorano. 2012).

## 5. METODOLOGÍA

Se iniciara el trabajo investigativo indagando en fuentes bibliográficas con el fin de obtener o identificar el modelo matemático que permitirá deducir el comportamiento del ciclo de generación Rankine empleando como combustible los residuos biomasicos del cacao cordobés, se procederá a determinar la capacidad energética de la biomasa a emplear mediante la realización de un análisis elemental de la misma, una vez determinada la composición química de la materia prima se realizaran balances de masas y energía en el sistema con el propósito de verificar la eficiencia del proceso de combustión. Posteriormente, se empleará un modelado computacional del proceso descrito anteriormente programando las ecuaciones de balances de masa y energía obtenidas. De igual manera, se obtendrán y analizaran tablas de diseño de experimental, tabla de resultado de pruebas y funciones de regresión que concatenen las variables a tener en cuenta durante el proceso de generación con vapor Rankine, finalmente se desarrollara un prototipo de generador que emplee los vapores a alta temperatura y presión para generar potencia eléctrica con cogeneración.



Figura 1 Pasos metodológicos de la investigación

## 6. RESULTADOS ESPERADOS

- Tabla de diseño de experimento, tabla de resultado de pruebas y funciones de regresión experimental
- Prototipo evaluado con tecnología simplificada

## 7. BIBLIOGRAFIA

BP Statistical review. (15 de 09 de 2016). Bp españa. Obtenido de [http://www.bp.com/es\\_es/spain/prensa/notas-de-prensa/2015/bp-presenta-bp-statistical-review-2015.html](http://www.bp.com/es_es/spain/prensa/notas-de-prensa/2015/bp-presenta-bp-statistical-review-2015.html)

IPCC. (2015). Cambio climatico 2014. suiza : Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático.

Jhon Twidle, T. w. (2005). renewable energy resources (segunda ed.). (Routledge, Ed.) Taylor & Francis Group.

minas, M. d. (14 de 09 de 2016). energia.gob.cl. Obtenido de <http://www.aprendeconenergia.cl/index.php/energia/que-es-energia>

Quezada, J. P. (2013). EVALUACION ENERGETICA DE CASCARA DE CACAO NACIONAL Y CCN-51. Cuenca,Ecuador .

Torres, P. J. (1999). Combustibles fosiles y contaminacion . Ciencia e Ingeniería Neogranadina, 87-92.

YUNUS A. ÇENGEL, M. A. (2011). Termodinamica . México, D.F.: McGRAW-HILL/INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V.

Yunus Cengel, M. B. (2015). TERMODINÁMICA (octava ed.). (i. e. C.V., Ed.) Mexico: Mc Graw Hill.