

Diseño de un Horno Eficiente sobre la base del uso de biomasa vegetal: una alternativa para el barrio Pichaló de la ciudad de Latacunga

I design of an efficient oven on the base of the use of vegetable biomass: an alternative for the neighborhood Pichaló of the city de Latacunga

Marcelo Fabián Salazar Corrales¹

RESUMEN:

En el presente trabajo se realiza un estudio teórico y experimental del potencial energético del eucalipto en el barrio Pichaló, con el objetivo de que sea bien aprovechado en hornos de cocción de alimentos de los pobladores, proponiendo una alternativa eficiente con un diseño simulado y reduciendo de este modo la contaminación ambiental. La revisión bibliográfica, pone en evidencia los alcances de los trabajos realizados en cuanto a metodologías para la obtención del poder calórico y relaciones con otras características de especies madereras utilizadas como fuente de energía en zonas rurales de Latacunga, reflejando datos técnicos económicos de utilidad para la propuesta del horno eficiente. Se parte del estudio experimental, donde se hace la caracterización en cuanto al comportamiento con la cantidad de oxígeno suministrado para la combustión y la humedad del eucalipto, a partir de ahí se llevan a cabo procedimientos para la evaluación y racionalización de la biomasa vegetal en el barrio Pichaló, con el propósito de contribuir a las soluciones relacionadas con el impacto ambiental negativo y la salud humana, se analizan las incidencias más significativas de las pérdidas de energía a través de la simulación de un horno eficiente en el programa ANSYS, donde intervienen materiales reciclables en combinación con diferentes espesores de lana de roca como aislante seleccionado, obteniendo la masa de eucalipto apropiada como combustible en los hogares que poseen horno, disminuyendo los impactos sociales y ambientales de la zona a través de la investigación.

Palabras claves: biomasa vegetal, energías, horno doméstico, eficiencia energética, eucalipto

ABSTRACT:

In this paper an experimental and theoretical study of energetic potential in the neighborhood Pichalo eucalyptus, with the aim of being well used in cooking ovens of the people, proposing an efficient alternative to simulation design and reducing thus pollution. The literature review highlights the scope of the work performed in methodologies for obtaining calorific value and relationships with other characteristics of wood species used as a source of energy in rural areas of Latacunga, reflecting economic technical data useful for proposed efficient furnace. Be part of the pilot study, where a characterization in behavior with the amount of oxygen supplied for combustion and moisture from eucalyptus, from there take place procedures for evaluation and rationalization of plant biomass in the Pichalo neighborhood, in order to contribute to the solutions related to the negative environmental impact and human health, we

Recibido 16 de octubre del 2017; revisión aceptada 20 de noviembre del 2017

¹ Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, Latacunga – Ecuador (mfsalazar@espe.edu.ec).

Diseño de un Horno Eficiente sobre la base del uso de biomasa vegetal: una alternativa para el barrio Pichaló de la ciudad de Latacunga

analyze the most significant incidents energy losses through the simulation of an efficient furnace in the ANSYS program, which involved materials recyclable in combination with different thicknesses of rock wool as insulation selected, obtaining appropriate eucalyptus mass as fuel in households with oven, reducing the social and environmental impacts in the area through research.

Keywords: plant biomass, renewable energy, domestic oven, energy efficiency, eucalyptus.

1. INTRODUCCIÓN

El uso de la biomasa vegetal como combustible en las distintas actividades comunitarias constituye una alternativa de energía bastante longeva, data desde el propio desarrollo de la humanidad, debido a que ha estado ligada a su uso, inicialmente nuestros antepasados la usaron como elemento de protección asociado al descubrimiento del fuego para así poder defenderse de los ataques de animales, luego su uso se proliferó en la cocción de los alimentos que ha perdurado hasta nuestros días (Parra, 2012).

Uno de los recursos madereros utilizados como biomasa vegetal es el Eucalipto. El género *Eucalyptus*, con sus más de 700 especies y variedades, es originario de Australia y algunas islas circundantes en Indo Malasia (Indonesia, Filipinas, Guinea, Timor) habiéndose difundido a todos los continentes, siendo Sudamérica la de mayor magnitud a nivel comercial (Acosta, 2005).

Una investigación realizada en Guayaquil sobre las biomásas, se determinó que presentan relativamente altos niveles de minerales, por ende las cenizas de estas biomásas generan problemas por la formación de incrustaciones en las superficies internas del horno (Toscano, 2009).

En todos los países existen lugares donde se utiliza algún tipo de biomasa vegetal para cocción y calefacción y en estos sitios se han ingeniado para hacerlos más eficientes, la idea de la investigación es aplicar este tipo de combustible de mejor poder calórico como fuente de energía, propiciando así el diseño de un horno doméstico eficiente para cocción lenta, con la ayuda de un modelo simulado donde intervienen aspectos teóricos de la transferencia de calor.

Debido a que en las zonas rurales de Latacunga, en especial en el barrio Pichaló se utiliza gas licuado de petróleo y residuos madereros como un combustible alternativo en sus labores cotidianas, el uso de algún tipo de biomasa vegetal en este sector comunitario es usado fundamentalmente de forma tradicional, a partir de la transferencia de conocimiento ancestral de los habitantes de esta región, lo cual provoca enfermedades pulmonares obstructivas crónicas por el humo, contaminación al medio ambiente, así como notables niveles de consumo y tala de árboles. Estos argumentos mencionados anteriormente llevan a plantear como problema real de la investigación, la ineficiencia en el aprovechamiento del potencial energético de la biomasa vegetal en los hornos domésticos de este sector comunitario.

El presente trabajo tiene como objetivo fundamental diseñar un horno doméstico eficiente en base a la caracterización del potencial energético de la biomasa vegetal en el barrio Pichaló de la ciudad de Latacunga, que permita aprovechar eficientemente la energía de este tipo de combustible, reduciendo así el impacto ambiental negativo y social de sus pobladores.

Los bajos ingresos de las comunidades rurales sumado a la circunstancia de que la leña es percibida como un bien gratuito y fácilmente disponible, hacen prever la dependencia que

seguirán teniendo dichas comunidades por este recurso energético (Aristizabal, 2008).

De acuerdo a proyecciones efectuadas por la Agencia Internacional de Energía (IEA), la leña seguirá siendo el principal combustible de calefacción y cocción de alimentos para una tercera parte de la población mundial ubicada en los países subdesarrollados, durante los próximos 20 años (Wikipedia 2010).

2. METODOLOGÍA

2.1. Materiales

Para desarrollar la investigación hubo de apoyarse en los siguientes materiales:

- Un instrumento de Posicionamiento Global (GPS): equipo utilizado para la ubicación de la zona y para la toma de muestra de la biomasa vegetal seleccionado, el instrumento es un GPS modelo GARMIN con sensores y mapas.
- Una bomba calorimétrica adiabática modelo GALLENKAM: para determinar valores caloríficos de combustibles líquidos y sólidos, específicamente para el caso de la presente investigación se utilizará con muestras sólidas de biomasa vegetal.
- Un analizador de gases Nextech, modelo NGA-6000: para determinar los gases producto de la combustión, diseñado para indicar cuatro tipos de gases principalmente; (CO, HC, CO₂, y O₂) de medición y proporciona además la relación aire / combustible.
- Software ANSYS: software de modelación y simulación basado en elementos finitos, para diseño asistido por computadora, por sus siglas en inglés (CAD).

2.2. Metodología

Población y muestra: el barrio Pichaló cuenta con 305 habitantes lo cual enmarca la población en estudio para la aplicación en una primera etapa de la técnica de encuesta al 100%.

Otras de las técnicas empleadas fue la observación participante porque resulta especialmente importante, al permitir observar a las personas interactuando y desarrollando sus labores de manera natural, así como la ubicación y características de las viviendas de esta comunidad y los hornos. Otras de las técnicas que se empleó fue grupo focal, aprovechando que los moradores de esta zona se reúnen mensualmente para tratar asuntos comunitarios. La modalidad de la investigación es de campo ya que se estudiará sistemáticamente el problema de la quema de biomasa en hornos domésticos en la zona de estudio.

Según (González, 2003) en el campo de las ciencias técnicas y naturales los experimentos juegan un papel fundamental, y por ello dentro del diseño de la investigación, se usará la experimentación por las ventajas que esta proporciona, así como los procedimientos según (Zamora, 2010) utilizando la simulación combinada con el método experimental.

Se analizaron varias cualidades para escoger con criterio al experto en diseño de hornos y al morador representativo para las entrevistas, como son: para el caso del experto en diseño de hornos, la experiencia como docente en el campo del diseño, así como la planificación de proyectos comunitarios, y cercanía a la zona de estudio; por otro lado los criterios tenidos en cuenta para el caso del habitante representativo de la zona, se consideró su procedencia, tenencia de horno doméstico y posición jerárquica en el barrio.

Por razones de recursos y oportunidad, este estudio se realizó entre diciembre 2012 y junio 2013, por lo que sus resultados son estudios globales que pueden segmentarse y detallarse con trabajos de mayor alcance y profundidad. Se ubican las coordenadas para la toma de muestra, de la vivienda más representativa del grupo en estudio. Se realiza el recorrido por toda la zona demarcada con anterioridad y se estima la densidad de vegetación existente en el área.

2.3. Obtención del poder calórico de las muestras

El método ASTM 870-82 (2006) (Standard Test Methods for Analysis of Wood Fuels) de ensayo cubren el análisis inmediato de la leña y la determinación del valor calórico bruto de los combustibles de madera en la muestra ya preparada por los métodos de ensayo prescritos y analizados de acuerdo a los procedimientos establecidos.

Las muestras se prepararon con una masa de 0,8 g de duramen y albura del eucalipto y capulí, convirtiéndolo en harina, utilizando para ello papel esmeril # 230 y luego compactándola en una prensa de 10mm del vástago.

El valor calorífico bruto de un calorímetro se determina quemando, previamente, una cantidad de ácido benzoico cuyo valor calorífico es conocido con gran exactitud. Finalmente se carga la bomba con la muestra de combustible y con oxígeno a alta presión para asegurar una combustión completa. Siempre se coloca una pequeña cantidad de agua para saturar la atmósfera de oxígeno para que se condense el agua como producto de la combustión. Se debe además regular la cantidad de combustible de modo que, el incremento de temperatura sea de no más de $3,0 \pm 0,5$ °C sobre la temperatura inicial de 21 °C. Para la determinación de valores caloríficos de combustibles líquidos y sólidos se utilizará la bomba calorimétrica adiabática de GALLENKAM.

2.4. Determinación de gases producto de la combustión de biomasa

Para la determinación de los gases producto de la combustión se utilizó un analizador de gases marca Nextech, modelo NGA-6000, colocando en el orificio del recipiente la punta de la manguera del medidor de gases, luego se toman los valores máximos que indica el medidor ya que dichos datos comenzaran a bajar; en este proceso se toma en cuenta que la muestra de eucalipto para la combustión tenga una masa de 100g correspondiente a la albura y duramen.

2.5. Balance de masa - energía y simulación del horno eficiente

Según las necesidades de cocción de la población de Pichaló y por criterio de expertos a partir de sus conocimientos tradicionales y habilidades en esta actividad, se determina que para la elaboración de pan en épocas específicas se debe llevar al horno a una temperatura de alrededor de los 180 °C en un tiempo que varía según la cantidad de alimento que se desee cocer esta temperatura es recomendada para similares cocciones de alimentos según (Smid, 2008), en este modelo se le llevará a 180 °C por un tiempo de 1 hora aproximadamente, esperando una eficiencia en el consumo de biomasa vegetal y la disminución del impacto ambiental.

Para la simulación mediante el ANSYS es necesario saber las propiedades de los materiales componentes del horno, siendo estas la chapa de acero y la lana de roca (tabla 1), esta última recomendada para la fabricación de hornos por su baja conductividad térmica, resistencia altas

temperaturas, fácil de instalar no posee agentes contaminante y un valor económico accesible, obtenida especialmente de materiales volcánicos procesados.

Tabla 1. Propiedades termo físicas principales de la lana de roca y acero (Corzo, 2012).

Propiedades de la lana de roca		
Propiedad	Magnitud	Unidades
Conductividad térmica	0,037	W/m. °K
Densidad	30 -50	kg /m3
Propiedades del acero		
Propiedad	Magnitud	Unidades
Conductividad térmica	47-58	W/m. °K
Densidad	7830	kg /m3
Conductividad térmica ladrillo	1.046	W/m. °K
Densidad	1900	kg /m3

2.5. Propiedades termo físicas del aire

Estas propiedades son necesarias para el cálculo del intercambio de calor durante el transporte del combustible por tuberías, las mismas que pueden ser utilizadas para el caso del diseño del horno por su geometría cilíndrica, las mismas pueden ser determinadas a través de las ecuaciones empíricas reportadas por Tiwari (2002).

$$k = 0,0244 + 0,6763 \cdot 10^{-4} \cdot t_p \quad (1)$$

$$\rho = \frac{353,44}{t_p + 273,15} \quad (2)$$

$$Cp = 999,2 + 0,1434 \cdot t_p + 1,101 \cdot 10^{-4} \cdot t_p^2 - 6,7581 \cdot 10^{-8} \cdot t_p^3 \quad (3)$$

$$\mu = 1,718 \cdot 10^{-5} + 4,620 \cdot 10^{-8} \cdot t_p \quad (4)$$

Siendo:

T_p : temperatura pelicular; (°C).

$$t_p = \frac{t_s + t_a}{2} \quad (5)$$

Dónde:

k : coeficiente de conductividad térmica del aire; (W/m·°C).

ρ : densidad del aire; (kg/m³).

c_p : capacidad calorífica del aire a presión constante; (J/kg·°C).

μ : coeficiente dinámico de viscosidad del aire; (Pa·s).

t_a : temperatura del aire; (°C).

t_s : temperatura de la superficie; (°C). (Tawari, G, 2002), (Montero I, 2005)

Para determinar el consumo de leña requerido para mantener la temperatura del horno en 180 °C durante la cocción, se propone la ecuación (6). Que parte de conocer el flujo de calor obtenido del balance de energía mediante la simulación del ANSYS:

$$m_{Eucalipto} = \frac{q_p \cdot t_t}{Q_{neto}} \quad (6)$$

Dónde:

$m_{Eucalipto}$: Masa de eucalipto; (kg).

t_t :Tiempo de funcionamiento del horno; (s).

q_p : Pérdida del calor por la pared del horno; (kJ/s).

Q_{neto} : Poder calórico del eucalipto; (kJ/kg).

2.6. Método de análisis económico

Para el diseño adecuado del horno se toma el espesor de la lana de roca como aislante del horno, como variable de decisión para obtener el diseño más económico, para lo cual se establece la relación dada por la ecuación (3.7).

$$V_{total} = V_{PE} + V_I \quad (7)$$

Dónde:

V_{PE} : Costo total de la pérdida de la energía; (\$).

V_I : Valor de la inversión; (\$).

V_{Total} : Costo total del horno; (\$/).

Los costos asociados a las pérdidas energéticas para cada espesor de aislamiento en el horno se determinan en la instalación mediante el conocimiento de las pérdidas de calor al medio, estas están identificadas a través de las paredes del horno en la simulación mediante el modelo geométrico en ANSYS. Para su determinación se propone el cálculo por la expresión (8), en función del precio fijado de la madera.

$$V_{PE} = \frac{q_p \cdot t_t \cdot P_{u.E}}{Q_{neto}} \quad (8)$$

Dónde:

V_{PE} : Costo total de la pérdida de la energía; (\$).

t_f : Tiempo de funcionamiento del horno; (s).

$P_{u.E}$: Precio unitario del Eucalipto (\$/kg).

q_p : Pérdida del calor por la pared del horno (kJ/s).

Q_{neto} : Poder calórico del eucalipto (kJ/kg).

El valor de la inversión se determina a partir del precio fijado para dimensión total de la pared del horno, incluido su recubrimiento. Finalmente, es necesario proyectar los resultados financieros del proyecto y calcular los indicadores que permitan evaluar la propuesta del horno eficiente.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Resultados de la aplicación de la técnica de encuesta

De la población encuestada el 75 % utilizan la leña para la calefacción de sus viviendas, el 19 % utilizan los recursos madereros para la cocción diaria de alimentos y el 5% de los encuestados que son en esencia representantes de viviendas del sector utilizan eucalipto como fuente de energía en sus hornos para cocciones tradicionales.

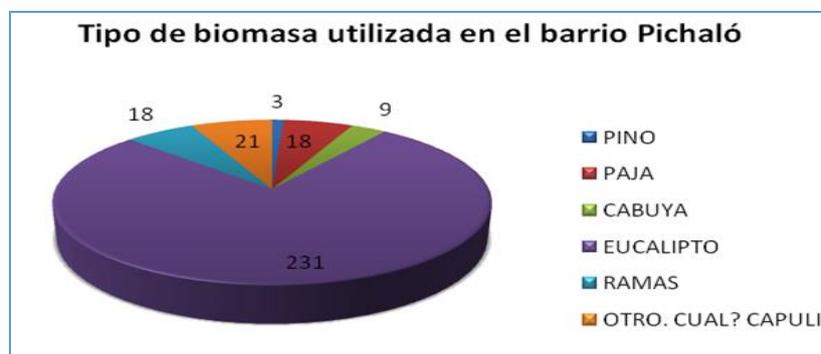


Figura 1. Representación gráfica del tipo de biomasa utilizada en el barrio Pichaló.

Como se muestra en la figura 1, la utilización del eucalipto como fuente de energía en la población predomina con el 77 % (231 encuestados), luego se ubica el Capulí con un 7 %, únicamente por la circunstancia de que en el barrio se encuentran realizando trabajos de ampliación de vías y todos los árboles talados que se ubicaban en los caminos han servido como biomasa ocasionalmente. Seguido se tiene la utilización de ramales y paja con un 6% cada uno, debiéndose a que en el sector se siembra trigo, maíz y chocho, las plantas una vez que se secan se convierten en este tipo de residuo maderero mencionado.

Se determina además que un 64% de los encuestados, asume la asfixia como principal consecuencia de salud que ocasiona la quema de biomasa, seguido por problemas visuales como cataratas y tergios en un 15% y finalmente un 7% de los encuestados considera que el

contacto directo e irradiación de la temperatura de los fogones y hornos son causantes de quemaduras de diferente grado en la piel y rostro. Como parte de los resultados se tiene que en 15 núcleos familiares poseen horno y están dispuestos a modernizarlo por uno más eficiente.

3.2. Resultados del análisis del potencial energético de la biomasa vegetal del barrio Pichaló

Una vez que se determinó el área geográfica del barrio Pichaló por medio de las coordenadas S0 0° 54,620' y W0 78° 34,620', se obtiene la densidad vegetativa en lo referente al potencial que se dispone en bosques de eucalipto y otros recursos madereros que servirán para la quema en hornos domésticos. En la figura 2 se aprecia la densidad de la biomasa disponible refiriéndose a recursos madereros.

En la zona 1, que es el inicio del barrio y corresponde a las coordenadas S 00° 54,44'; W0 78° 34,413' se determinó alrededor de 32000 árboles de eucalipto de distinta edad y altura, convirtiéndose en un potencial casi inagotable en relación a las viviendas que poseen horno doméstico.

En la zona 2, uno de sus límites esta en las coordenadas SO 00° 54,355' WO 78° 33,271'; donde está la vivienda referente para el estudio y donde se tomaron las muestras de eucalipto para determinar el poder calórico en laboratorio. Se puede apreciar que existen alrededor de 1000 árboles de eucalipto, y predomina la siembra de maíz con 750000 plantas.

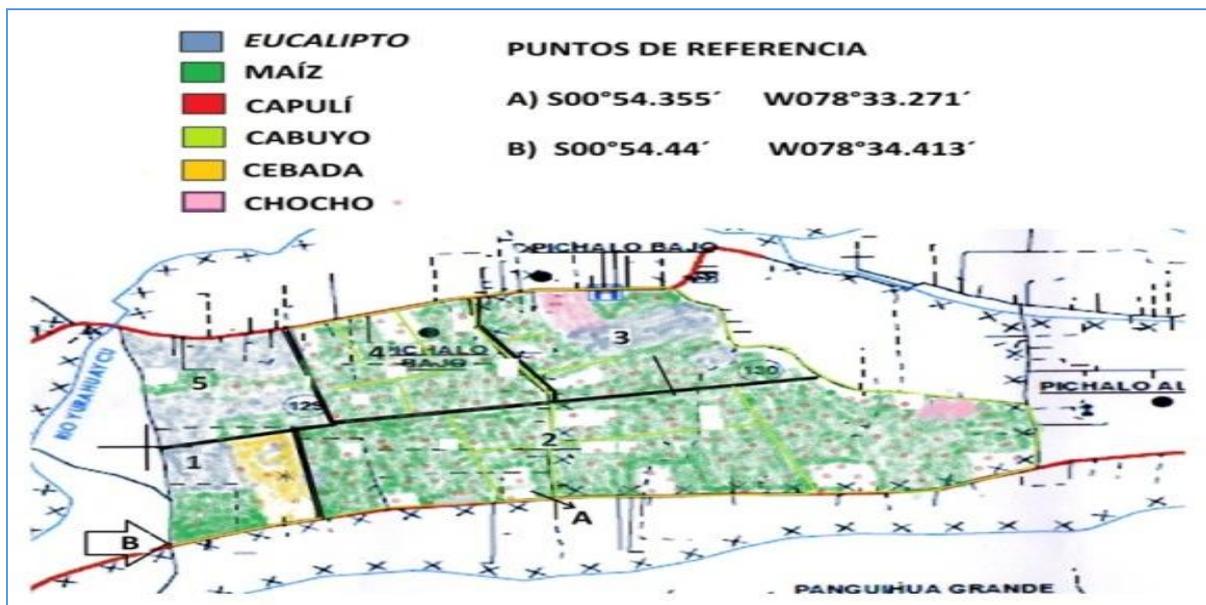


Figura 2. Densidad forestal de biomasa localizada en el Barrio Pichaló.

En la zona 3, existen 16000 árboles de eucalipto aproximadamente, seguido por plantaciones de chocho y maíz.

En la zona 4, es donde hay una escases de árboles de eucalipto, predominando el sembrío de maíz y los árboles de capulí con una importante cantidad de pencos que posteriormente se secan y sirve como biomasa para ser quemada (cabuya).

Por último, en la zona 5, nuevamente hace presencia el eucalipto con 80000 unidades aproximadamente seguido del predominio del chocho y el maíz como fuente de subsistencia de la población.

3.3. Resultado del análisis del poder calórico del eucalipto

A partir de los resultados de la experimentación con la bomba calorimétrica descrita en la metodología, se obtuvieron los siguientes resultados, mostrados en la Tabla 2.

Tabla 2. Resultados de las tres corridas experimentales en las cuatros muestras analizadas.

Experimentos para determinar poder calórico			
Muestra	Poder Calórico (J/g)		
	Exp. 1 (J/gr)	Exp. 2 (J/gr)	Exp. 3 (J/gr)
E. Seco	21478,43	21478,35	21474,42
E. 30% Hum.	8260,93	8258,82	8262,86
E. Comp. 40,7 (Nm)	6608,75	6611,87	6607,78
Capulí Seco	21478,43	21480,55	21476,42

E. Seco: Eucalipto seco; E. 30% Hum: Eucalipto con un 30% de humedad estimada; E. Comp. 40,7 (Nm): Eucalipto compactado con una fuerza de 40,7 Nm; Capulí Seco.

En las tres corridas experimentales se obtienen poderes calóricos dentro del rango de los valores esperados según fuentes bibliográficas consultadas, para el caso del experimento 1 y con el objetivo de determinar una alternativa al eucalipto se realizó otra prueba, esta vez utilizando la muestra de Capulí que también se encuentra en la zona en un porcentaje del 7%, y es la madera que puede sustituir al eucalipto considerando únicamente su poder calórico. Se observa que el poder calórico del Capulí es semejante al del eucalipto, pero a diferencia de este último el Capulí es un frutal que rara vez se utiliza la poda como fuente de energía y no es un recurso sustentable pues el fin de su conservación es un sustento de vida de algunos pobladores y no se recomienda su utilización como prioridad para el fin que se estudia.

El resultado de la experimentación con la muestra de Eucalipto pero con una estimación del 30% de humedad, debido a que el almacenaje de la leña no es el adecuado y en épocas de lluvia están expuestas a gran humedad, pues esta biomasa vegetal se encuentra expuesta a la intemperie, y por ello se demuestra que los factores que intervienen como variables de una combustión eficaz son la humedad y la cantidad de oxígeno, perdiéndose calor en evaporar el agua que se encontraba como porcentaje de humedad y quedando también residuos carbonosos producto de la mala combustión.

Por otro lado el resultado para un mayor grado de compactación en el caso del Eucalipto compactado con una fuerza de 40.7 Nm, la relación aire/ combustible se dificulta por lo que el proceso se torna más lento aumentando las pérdidas de calor al medio, lo que trae consigo mediciones mínimas del poder calorífico. Con el objetivo de buscar fiabilidad en los resultados obtenidos fueron llevados a cabo tres corridas experimentales para determinar la media del poder calórico, la desviación estándar y el coeficiente de variación, constituyendo esto un importante análisis de dato para la fiabilidad en el muestreo experimental (tabla 3).

Tabla 3. Análisis del muestreo experimental llevado a cabo en la investigación.

	Poder Calórico (J/g)			Análisis		
	Exp. 1	Exp. 2	Exp. 3	Media(Exp)	Desv.Stand.	Coef.Variac.
E. Seco	21478,43	21478,35	21474,42	21477,07	2,004	0,93%
E. 30% Hum.	8260,93	8258,82	8262,86	8260,87	2,019	2,44%
E. Comp. 40,7 (Nm)	6608,75	6611,87	6607,78	6609,47	2,056	3,11%
Capulí Seco	21478,43	21480,55	21476,42	21478,47	2,065	0,96%

En la figura 3, se observa los valores de la desviación estándar y el coeficiente de variación, fluctuando este último entre 0,93 % y 3,11%, lo cual demuestra que existe baja variabilidad en la experimentación realizada, demostrando fiabilidad en el muestreo realizado.

En la figura 4, se puede observar el comportamiento de los resultados experimentales de los distintos ensayos llevados a cabo, demostrando que en el caso del eucalipto seco existe mayor poder calorífico, similar a los resultados obtenidos en el caso del Capulí seco; en los casos de la muestra de eucalipto con un 30% de humedad el poder calorífico es bajo, pero más bajo aún es la muestra de eucalipto compactado con una fuerza torsional de 40,7 N·m en la prensa.



Figura 3. Representa el análisis del muestreo experimental.

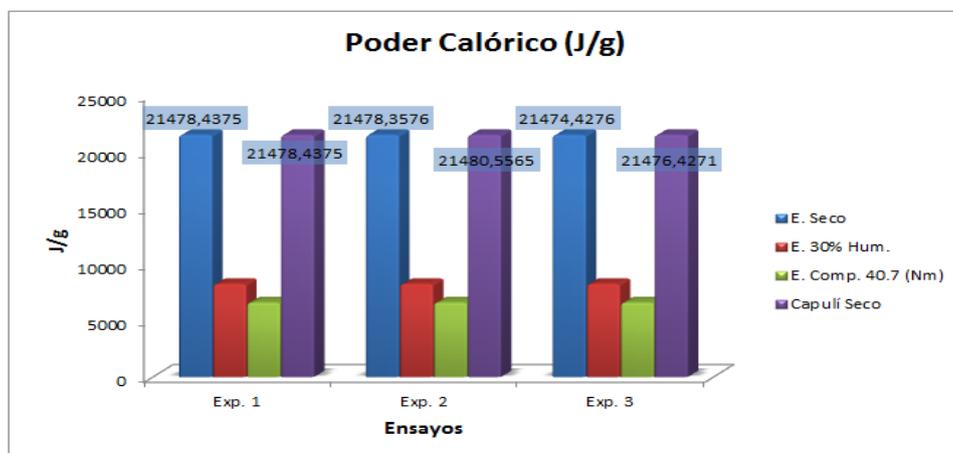


Figura 4. Representa el poder calorífico de las muestras en las tres corridas experimentales.

Este análisis se corrobora por los resultados obtenidos en estudios de veinte especies madereras de la amazonia donde se plantea que: “un peso dado de madera a un cierto contenido de humedad dará más o menos la misma cantidad de calor sea esta una madera densa o liviana. La única diferencia es que las maderas duras combustionan más lentamente. Un mismo peso de madera no da forzosamente un mismo número de calorías en un tiempo dado” (Uceda, 2011).

3.4. Resultado del análisis de los gases producto de la combustión del eucalipto

Al quemar la muestra de eucalipto seco y analizar los gases producto de su combustión en una braza se obtuvo resultados que se ilustran en la tabla 4, lo que demuestra que la combustión es incompleta o imperfecta, ya que los productos de la combustión poseen sustancias todavía

capaces de ser oxidadas. La combustión incompleta aparece cuando el aire es insuficiente, o en aquellas zonas de las cámaras de combustión en las que el aire no llega en cantidad suficiente.

Tabla 4. Gases producto de la combustión del eucalipto.

PORCENTAJES OBTENIDOS (%)					
CO	CO ₂	HC	O ₂	NO _x	Lambda
2,25	6,6	354	14,08	28,3	1,926

3.5. Resultado del balance de energía y masa a través del ANSYS para el horno doméstico tradicional y el horno doméstico propuesto

Durante el desarrollo de la investigación se hizo necesaria la obtención de las principales características y propiedades de los materiales empleados en ambos hornos, como son: forma geométrica del horno doméstico eficiente propuesto y horno tradicional (figura 5); material de fabricación; conductividad térmica y densidad de los materiales de construcción de los hornos; conductividad térmica del material aislante para el caso del horno propuesto; poder calórico del eucalipto (Especie Glóbulos) procedente de la zona de estudio y propiedad termo físicas del aire.

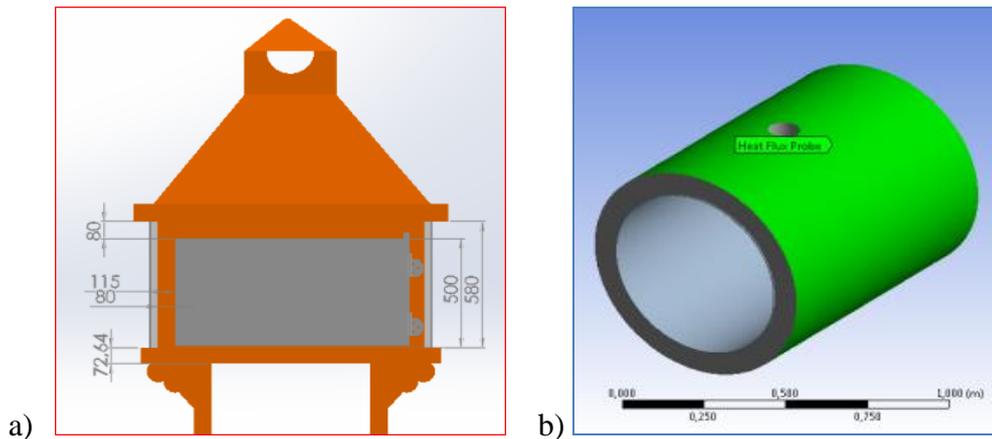


Figura 5. Forma geométrica del horno doméstico a) tradicional, b) propuesto.

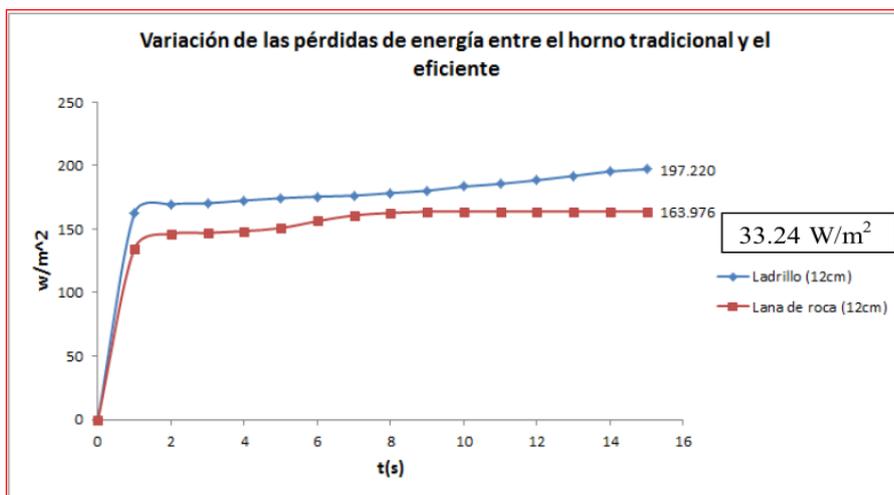


Figura 6. Pérdida energética de un horno tradicional de ladrillo en relación a un horno cilíndrico recubierto con lana de roca.

Al realizar la simulación de pérdidas de energía en ANSYS, teniendo como base un horno tradicional doméstico referente de la zona con las características enunciadas anteriormente, se puede notar que las pérdidas alcanzan a 33.24 W/m² de diferencia con respecto a la propuesta del horno doméstico eficiente (figura 6). Lo que repercute en la cantidad de biomasa vegetal utilizada para alcanzar una temperatura de 180 °C, para un tiempo de cocción de algún alimento en 1 hora.

3.6. Valoración económica

En la figura 7, se observa el comportamiento de la curva Vvi (valor de la lana de roca), indica el incremento del valor en dólares/m², de la lana de roca en función del espesor del aislamiento, también la curva Vt (valor total del horno), tiende a bajar en función del espesor del aislamiento esto se debe a que con menores pérdidas de energía al medio exterior se economiza en la cantidad (\$/Kg) de la biomasa vegetal a ser utilizada.

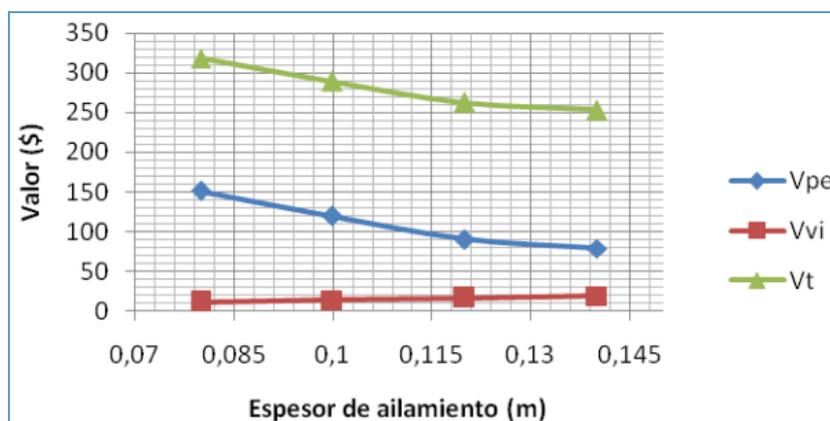


Figura 7. Representación gráfica de los diferentes costos de pérdidas y materiales para la construcción del horno para un poder calórico de 15000 kJ/kg.

Similar comportamiento tiene la curva Vpe (valor económico de las pérdidas de energía \$/W), destacando en este análisis que las pérdidas que se tienen por la chimenea son menores al utilizarse mayores espesores del aislamiento.

Consideraremos también la utilización del espesor de 12 cm del aislante como el más recomendado tanto como para su adquisición en el mercado local, el costo del aislante y la eficiencia en cuanto a pérdidas se refiere, que es a partir de ese valor que comienza a estabilizarse la curva de pérdidas.

Sobre la base de los costos de fabricación del horno, la valoración de las pérdidas energéticas simulado en ANSYS y el valor del espesor del recubrimiento aislante (12 cm), se tiene un valor de costo total de \$309.50, se determina un VAN de 6.6, un valor aceptable pues se trata de un proyecto de ayuda social sin fines de lucro.

3.7. Resultados del impacto ambiental negativo y social a partir de la propuesta del horno eficiente

Para este análisis se considera igualdad de condiciones de estudio en los hornos tradicionales y el propuesto como son el tiempo de combustión (12 min), para alcanzar una temperatura en el horno de 180°C, la característica del eucalipto utilizado como biomasa, y los gases productos de la combustión que se tiene de referencia, se puede calcular el porcentaje de gases emanados por el nuevo diseño y consecuentemente la variación en la reducción de impacto ambiental negativo.

Tabla 5. Horno tradicional vs. Horno Eficiente.

HORNO TRADICIONAL		
kg. utilizados	% CO ₂	Tiempo de quema
0,1	6,6	12 minutos
HORNO EFICIENTE		
kg. utilizados	% CO ₂	12 minutos
0,06	3,96	
REDUCCION DEL IMPACTO AMBIENTAL		
kg. utilizados	% CO ₂	
0,04	2,64	

Es evidente que en condiciones semejantes de quema entre el horno tradicional y el horno eficiente existe una disminución en el porcentaje de emisión de CO₂ en un 2.64% como se muestra en la tabla 5, lo que convierte el nuevo diseño en un atractivo que favorece al medio ambiente sin tener que desprenderse de tradiciones ancestrales en la cocción de alimentos.

4. CONCLUSIONES

1. Se caracterizó el potencial energético del Eucalipto como biomasa vegetal predominante en el área delimitada por el barrio Pichaló de la ciudad de Latacunga, permitiendo con ello diseñar un horno eficiente para la cocción de alimentos.
2. Se delimitó la zona de estudio a través de un sistema de posicionamiento global (GPS), pudiéndose con ello identificar la diversidad del potencial de biomasa existente y la vivienda referente para el estudio.
3. Se determinó la variación del poder calórico entre una muestra seca y otra con un 30% de estimación en humedad, siendo esta última por los resultados arrojados menos eficiente y más contaminante.
4. Fueron determinadas las pérdidas de energía a través de la simulación con ANSYS para cuatro espesores de aislante de lana de roca, resultando ser el de 12 cm de espesor el más eficiente.
5. Se determinó la cantidad de biomasa ideal para el funcionamiento del horno con una temperatura de 180°C en su interior y un tiempo de trabajo de 1 hr.
6. El estudio se alinea al proyecto de estado del Buen vivir lo que hace referencia a: “Incrementar la participación de las energías renovables”. Para ello se desarrolló una propuesta como alternativa a partir de la caracterización de biomasa vegetal, validado por simulación y prefactibilidad, permitiendo aprovechar su potencial energético, así como la reducción del impacto medio ambiental negativo en la zona de estudio.

5. BIBLIOGRAFÍA

- (1) Acosta, “Tecnología de la madera de eucaliptos colorados. Santiago del Estero,” I Jornadas Forestales de Santiago del Estero, 2005.
- (2) Aristizabal, “Corredor de Conservación de Robles, una Estrategia para la Conservación y el Manejo Forestal en Colombia,” Fundación Natura Subdirección de Conservación e Investigación, 2008.



- (3) Corzo, “Representación por volumen finito de un horno de cocción de ladrillos,” Instituto Tecnológico de Celaya, 2012.
- (4) González, “Metodología de la investigación científica para las ciencias técnicas,” Matanzas, 2003.
- (5) Parra, “Cuerpo Académico de recursos naturales y sustentabilidad,” Bioenergía. México, 2012.
- (6) Smid, “El ABC de la cocina diaria,” Argentina: Gárgola, 2008.
- (7) Tiwari, “GSolar energy. Fundamentals, desing, modelling and aplicaciones. India: Alpha Science International,” 2002.
- (8) Toscano “Biomasa,” Guayaquil, 2009.
- (9) Uceda, M. determinación de 20 especies forestales de la amazonia peruana. 1 -15. (2011).
- (10) Wikipedia. Recuperado el 16 de junio de 2013, de <http://arbolespain.blogspot.com/2010/10/eucalyptus-globulus-labill-eucalipto.html>, 2010.
- (11) Zamora, “Cocinas Eficientes una Alternativa Energética y Ecológica para la Cocción de Alimentos. Granma - Cuba: Centro de Estudios de Energía y Medio Ambiente,” Universidad de Cienfuegos, 2010.