

DISEÑO DE UN SISTEMA HÍBRIDO DE COINCINERACIÓN DE BIOGÁS-CSR PARA LA AUTOSUFICIENCIA ENERGÉTICA DE SECTORES DESPROTEIDOS DEL ESTADO

Patricia Escorcía Rico (1), Santiago Gutiérrez Vargas (2)

¹ [Ingeniería Ambiental, Universidad de Guanajuato] | Dirección de correo electrónico: [patyescorcia94@hotmail.com]

² [Departamento Ingeniería Renovable, DICIVA, IRAPUATO-SALAMANCA, Universidad de Guanajuato] | Dirección de correo electrónico: [max_max_max_619@hotmail.com]

Resumen

En este trabajo se comprobará la propuesta que realiza la empresa Gas Verde para mejorar las condiciones de vida de las comunidades con menores posibilidades y recursos. Se llevó a cabo mediante pruebas realizadas en la estufa con diferentes posibilidades de combustibles para poder hacer la comparación de resultados de tiempos y temperaturas alcanzadas, y comprobar la eficiencia del nuevo sistema; así como la toma de datos que se requieren para la simulación en software, bien así, el uso de varios softwares para poder modelar la geometría, así como la lectura de los termopares dispuestos en varios puntos de la estufa a lo largo de la combustión hasta un límite de resultados a alcanzar, como la calefacción de un volumen fijo de agua para llegar a los 85° C. Al graficar las tablas derivadas de la toma de temperaturas de los termopares, se apreció mucho mejor que periodos de tiempo se requerían para alcanzar ciertas temperaturas y cuál era el máximo que se podía alcanzar. Por tanto a partir de las propuestas de Gas Verde, se comprueba que sí se obtienen mejores resultados en la aplicación de un sistema híbrido en cuanto a cronometraje de temperaturas alcanzadas, así como un máximo límite de temperaturas más alto, y una consecuente reducción de volumen requerido de leña para su combustión.

Abstract

The following research will confirm the proposals made by the enterprise Gas Verde aimed to improve quotidian conditions in communities in progress of development, with fewer resources. It was accomplished in a series of proofs carried out on the stove with a diversity of possible fuels with the objective of compare time results when certain temperatures is reached and prove the efficiency of the new system, while notice the temperatures limits for the different fuels. A variety of softwares were applied to shape the geometry, just as the reading of the results from the thermocouples arranged in different points of the stove while the combustion up to reach 85°C in a certain volume of water. When the results from the thermocouples were disposed in graphics, the periods of time were plenty appreciated much more than the tables. Therefore, parting from the proposals of the enterprise (Gas Verde), it can be proved that better results can be obtained when a hybrid system is applied, just like shorter periods to achieve similar temperatures, a maximum of temperatures accomplished higher and a consequent reduction of volume of wood required for its combustion.

Palabras Clave

Estufas, temperatura, sistema híbrido, eficiencia, combustión.

Stoves, temperature, hybrid system, efficiency, combustion.

INTRODUCCIÓN

PROPUESTAS DE MEJORA ANTE OPCIONES YA EXISTENTES

Estufas ecológicas, conjunción entre diseño y combustión más eficiente.

- Empleo de biogás CSR en un diseño innovador de estufas.

En Osaka, Japón ha mostrado ser cede representativa para el desarrollo de tecnologías innovadoras, lo cual incluye la búsqueda de energías renovables para ser usada por la sociedad en la vida cotidiana y a la vez mitigar el calentamiento global [1]. Osaka Gas, Kobe City, and Kobelco Eco-Solutions Co. Ltd. comenzaron a proveer a los hogares de biogás a partir de una planta de tratamiento en Kobe; es la primera vez que se administra directamente a los hogares a través de tuberías; actualmente contribuye con el 50% del total utilizado.

Actualmente en México está en desarrollo la primer planta de biogás para producir 80mil megavatios mensuales a partir de la biodegradación anaeróbica de desechos orgánicos en el relleno Sanitario Borde Poniente en la Ciudad de México; ello es un buen indicio del comienzo de implantar el uso de energías renovables en nuestro el país [2].

El uso de combustibles de residuos (CSR), obtenido de la digestión anaerobia de materia orgánica, ha tenido gran éxito en la industria cementera, centrales térmicas o en hornos industriales como combustible sustitutivo [3].

El diseño de estas estufas está inspirado en el modelo "Lorena" (Imagen 1), el cual surgió en Guatemala, alrededor de los años 70, el cual también surgió con la meta del apoyo a poblaciones con menos oportunidades, el cual se crea a base de lodo y arena, se ahí surge su nombre, aunque a lo largo de los años se le han hecho mejoras en cuanto a reducción de tiempos de encendido [4].

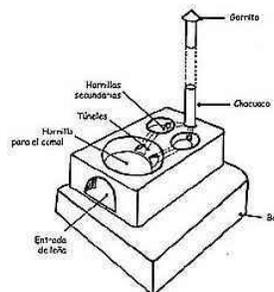


Imagen 1. Estufa Lorena [4]

Una evolución de Lorena, es la estufa PATSARI (Imagen 2), la cual se asienta en las mismas bases, con la diferencia que la propuesta es asesorar a las mismas personas de la comunidad a crear sus propias estufas, de una manera que aprovechen los conocimientos de la institución promotora, pero sin la intención de hacerlos dependientes a ellas [5].

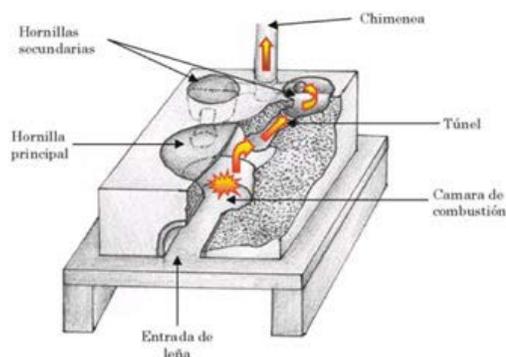


Imagen 2. Estufa PATSARI [2]

La empresa Gas Verde se ha fijado el objetivo de proveer a la población de zonas con problemas en cuanto a su condición económica una opción ecológicamente más amable al mismo tiempo que representa para ellos la disminución del 60% del uso de leña para la cocción de sus alimentos mediante este sistema híbrido, por lo que permite menguar la tala incontrolada, con temperaturas equivalentes en tiempos más cortos.

Las estufas cuentan con un funcionamiento más eficiente energéticamente en comparación a las que se han estado usando hasta el momento; al mismo tiempo que reduzcan riesgos a la salud causados por la inhalación de gases de

combustión por su redireccionamiento lejos de las vías respiratorias [6].

Dado que en estas zonas normalmente se usa leña como combustible en el cocinado de sus alimentos, ésta innovadora propuesta formula la recomendación de utilizar simultáneamente leña y biogás CSR proveniente de biodigestores (producción de metano mediante el metabolismo de bacterias anaerobias metanogénicas, dicho gas se alimenta a la estufa mediante un sistema de mangueras, el cual es regulable según el flujo de gas que se deseé para cierta irradiación de calor).

MATERIALES Y MÉTODOS

Para poder llevar a cabo este proyecto se tuvo que generar la modelación de la geometría de la estufa a usar con el fin de que se pudiera hacer el análisis de la simulación, que es parte imprescindible; aunque esta parte no se incluye en esta investigación, sino que se trabajó en alternancia con otro proyecto de investigación, es relevante mencionar que esta simulación del flujo de calor a lo largo de la plancha, realizada en el software Fluent, requirió de la toma de datos experimentales, los cuales sí son objetivo en este trabajo, por ello se habla de una sinergia para llegar a una meta en común. Esta modelación de la que se habla se efectuó en programas como Inventor Fusion y Gambit, de los cuales no se tenía conocimiento de funcionamiento, por lo que se aprendió a manejarlos.

Posterior a ello se comenzó con las pruebas experimentales, con el fin de comparar tiempos en que una cierta cantidad de agua alcanza los 85°C mediante el uso de distintos combustibles, entre los cuales se incluyen gas LP, carbón, leña, biogás proveniente del biodigestor que se ubica en DICIVA y sistemas híbridos de carbón-biogás y leña-biogás; así como los máximos de temperaturas alcanzadas por cada uno.

Posteriormente se hicieron las pruebas experimentales para la recolección de datos de la siguiente forma: pura leña, puro biogás CSR y una combustión híbrida entre ambos combustibles. Cabe mencionar que el biogás CSR fue tomado del biodigestor a cargo del asesor Santiago Gutiérrez, ubicado en la sede DICIVA en la ciudad Irapuato, Guanajuato, al cual se le adaptó un

sistema de mangueras para poder realizar la alimentación de la estufa.

La toma de temperaturas, se buscó hacerla con la mayor exactitud posible, por lo que se utilizaron termopares finalmente, pertenecientes a la Universidad, junto con el software National Instruments para la lectura de las temperaturas para los combustibles gas LP, carbón, leña, biogás, híbrido carbón-biogás e híbrido leña-biogás.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Como se muestra en las tablas siguientes, Tabla 1, Tabla 2 y Tabla 3, se calculó el flujo de calor (q) que hay a lo largo de la plancha a partir de la fórmula:

$$q = \frac{T_{int} - T_{ext}}{\frac{1}{hA} + \frac{L}{kA} + \frac{1}{hA}} \quad [7]$$

Donde la primer h hace referencia a los coeficientes de convección de los gases de combustión con un valor de 41.52 W/m²°C, k a la conducción del aluminio galvanizado el cual tiene un valor de 79 W/m°C y la segunda h a la convección del aire, de 37.875 W/m²°C, mientras que $T_{int} - T_{ext}$ es la diferencia de la temperatura alcanzada con la inicial o ambiental, 25°C.

LEÑA	PUNTOS	LONGITUD	T		q	Temperatura Llama	Tiempo en llegar a los 85°C
			Interna	Área m2			
	1	0.181	245	0.052309	218.042714	550	28:52:00
	2	0.04	275	0.032	156.881978		
	3	0.125	245	0.048	202.805097		
	4	0.25	220	0.096	348.91539		
	5	0.375	175	0.144	391.061676		
	6	0.5	150	0.192	422.412261		
	7	0.625	150	0.24	513.709088		

Tabla 1. Parámetros obtenidos de la combustión en la estufa con leña.

BIOGAS	PUNTOS	LONGITUD	T		q	Temperatura Llama	Tiempo en llegar a los 85°C
			Interna	Área m2			
	1	0.181	250	0.052309	222.99823	475	13:27
	2	0.04	330	0.032	312.866688		
	3	0.125	250	0.048	226.034059		
	4	0.25	210	0.096	180.36922		
	5	0.375	200	0.144	165.731848		
	6	0.5	190	0.192	151.909745		
	7	0.625	160	0.24	120.922239		

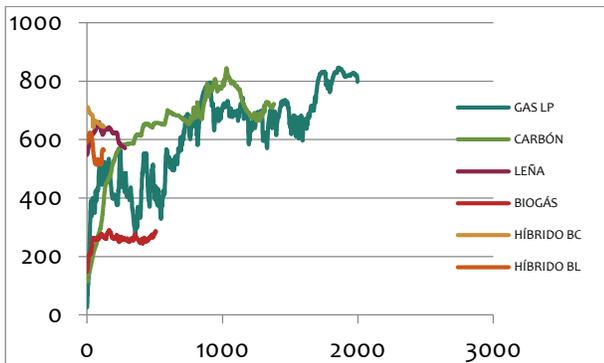
Tabla 2. Parámetros obtenidos de la combustión en la estufa con biogás CSR.

HÍBRIDO	PUNTOS	LONGITUD	T Interna	Área m ²	q	Temperatura Llama	Tiempo en llegar a los 85°C
	1	0.181	260	0.052309	232.909262	600	06:47
	2	0.04	355	0.032	338.511499		
	3	0.125	270	0.048	246.125975		
	4	0.25	220	0.096	190.118908		
	5	0.375	200	0.144	165.731848		
	6	0.5	190	0.192	151.909745		
	7	0.625	165	0.24	125.400841		

Tabla 3. Parámetros obtenidos de la combustión en la estufa con sistema híbrido.

Así pues, se muestran también las comparaciones en que el mismo volumen de agua alcanza los 85°C en los distintos sistemas, por lo que se deriva que el híbrido tiene mejores resultados, con un tiempo de menos de 7 minutos, mientras que con la leña tardaría casi media hora para alcanzar resultados similares y en biogás solamente casi el cuarto de hora.

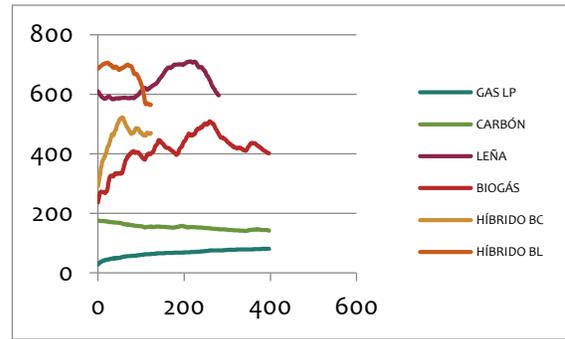
Las siguientes gráficas presentan los resultados obtenidos por los termopares y mostrados en el software de National Instruments según los distintos combustibles usados para poder descifrar cuál es el óptimo y si la propuesta efectivamente es mejor que la que en la actualidad se usa:



Gráfica 1. Resultados de la toma de temperaturas por el termopar 1, dispuesto en la cámara de combustión en el uso de distintos combustibles.

En la Gráfica 1 se muestra una tardía elevación de temperatura por parte del gas LP, aunque fue el que más alto llegó, se requiere de bastante combustible para llegar a temperaturas considerables, por otro lado el carbón tarda un poco menos y también alcanza altas temperaturas, aunque el proceso sigue siendo lento. La leña por su parte alcanza temperaturas rápidamente, y aunque no son tan altas, es corto el tiempo.

El biogás por su parte alcanza temperaturas muy bajas en llama, mientras que el híbrido biogás-carbón cuenta con los tiempos más cortos para llegar a una temperatura de alrededor de 700°C. Se observa que en el híbrido biogás-leña tiene resultados similares al anterior pero no alcanza temperaturas tan altas.



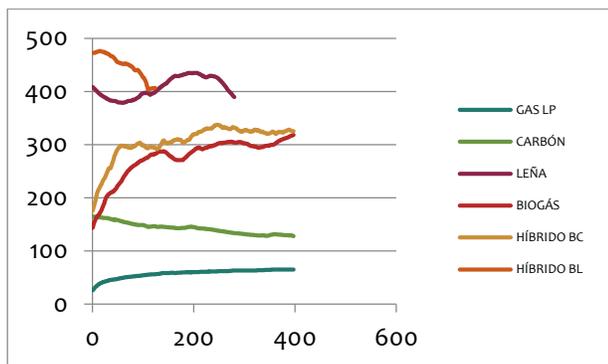
Gráfica 2. Resultados de temperaturas obtenidos del termopar 2 ubicado en el punto medio de la plancha de la estufa según distintos combustibles usados.

Se aprecia en la Gráfica 2 que al final de cuentas es el punto con más relevancia de análisis, ya que es aquí donde se hace la cocción de los alimentos. En esta ubicación puntual se obtiene que los mejores resultados son los obtenidos por el híbrido biogás-leña, ya que alcanza la temperatura más alta y en tiempos más cortos, seguido de la leña, que es el combustible convencional en esta región y seguidos por los resultados del híbrido biogás-carbón.

Cabe resaltar que es bastante ineficiente la combustión gas LP y carbón ya que alcanza temperaturas muy bajas y al parecer tienden a la constancia.

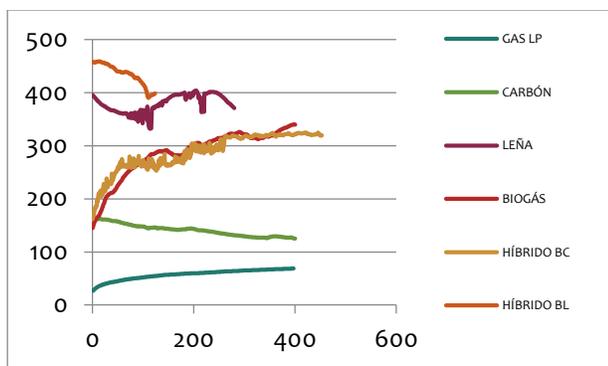


Imagen 3. Cámara de combustión de la estufa durante la prueba del biogás.



Gráfica 3. Resultados de la toma de temperaturas por el termopar 3, dispuesto en la base de la chimenea según distintos combustibles.

Hay que hacer la observación que en este punto, las temperaturas comienzan a descender, aunque las observaciones son similares a los resultados del termopar 2.



Gráfica 4. Resultados de la toma de temperaturas por el termopar 4, ubicado en la salida de la chimenea por distintos combustibles.

En esta Gráfica 4 se aprecian los resultados de las temperaturas de los gases de salida a la atmósfera, bajando aún más que los resultados del punto 3, aunque con la misma tendencia.

CONCLUSIONES

Se demuestra en este trabajo, que las propuestas que la empresa había planeado en estrategia de mejorar el proceso de cocción de los alimentos para zonas más desprotegidas donde aún se utiliza leña como combustible, es una idea factible, ya que los resultados de temperaturas alcanzan resultados más convenientes utilizando un sistema

híbrido, en combinación con el biogás proveniente de los residuos orgánicos que se generan en la cotidianidad de la vida, por tres posibles razones:

- ⊗ Los tiempos para alcanzar temperaturas similares son más breves que lo que se usaba habitualmente.
- ⊗ Las temperaturas que se generan son mucho más altas.
- ⊗ Al utilizar en conjunto un segundo combustible, no sólo la leña, se reduce la cantidad de ella requerida, por lo que se reducen también la tala inmoderada para la obtención de madera.

REFERENCIAS

- [1] (2015). Pursuing Renewable Energy Business. Julio 13, 2015, de Osaka Gas Sitio web: http://www.osakagas.co.jp/csr_e/charter02/energy.html
- [2] (2015). Primera Planta de biogás en México. Julio 13, 2015, de IOFACTURO Sitio web: <http://iofacturo.mx/ecologia/primer-planta-de-biogas-en-mexico>
- [3] Gobierno de España (2011). Plan de Energías Renovables 2011-2020. Julio 13, 2015, de Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía Sitio web: http://www.idae.es/index.php/mod.documentos/mem.descarga?file=/documentos_11227_per_2011-2020_def_93c624ab.pdf
- [4] Figueroa, P., Cruz, G., Villalvaso, V. & Gerritzen, P. (2013). Estufas Lorena, opción ecológica y saludable. Junio 29 2015, de Universidad de Guadalajara Sitio web: <http://www.gaceta.udg.mx/Hemeroteca/paginas/335/335-20.pdf>
- [5] Díaz, R., Berrueta, V. & Masera, O.. (2006). De la "LORENA" a la "PATSARI": proceso de mejoramiento e innovación de tecnología rural. Junio 29 2015, de Grupo Interdisciplinario de Tecnología Rural Apropiaada A. C. Sitio web: <http://www.conanp.gob.mx/dcei/entorno/images/agos206/pdf24/deloaat.pdf>
- [6] Ortiz, L. (2009). Estufas ecológicas reducen riesgos en la salud de la población. Junio 29 2015, de Universidad de Guadalajara Sitio web: <http://www.udg.mx/es/noticia/estufas-ecologicas-reducen-riesgos-en-la-salud-de-la-poblacion>
- [7] ÇENGEL, Y. A.; BOLES, M. A.: Thermodynamics: An Engineering Approach. Ed. McGraw-Hill: Boston, 7ta. edición, 2011. ISBN: 007352932