

ENSAYOS EN UN FOGON MEJORADO UTILIZANDO CATALIZADORES PARA MEJORAR LA COMBUSTION Y PRUEBAS DE OPERACIÓN DE GASIFICADORES DE MADERA

Por:

Ing. Leonardo Mayorga García, Proleña
Ing. Marlyng Buitrago Santamaría, Proleña/Ecofogones
Ing. Nikolaus Foidl¹ Tulum

1. Introducción:

En Nicaragua, actividades o programas de difusión de fogones mejorados fueron iniciados en la década de los 70. Los más relevantes fueron los realizados por los Ministerios vinculados al Ambiente y a la Energía que tuvieron desarrollando programas durante los años 80. También fue importante en la difusión de los fogones mejorados las ONG y entre las Universidades la UNI con su programa TECNOLEÑA en el DINOT. Todos los programas fueron desarrollados con financiamiento de la cooperación internacional.

La base de los programas o actividades de difusión estaban en la participación comunitaria, como un elemento para la construcción de los fogones mejorados, en el que a través de capacitaciones se entrenaban a los usuarios sobre técnicas de construcción y operación de fogones. Se suministraban los materiales, por lo general, en carácter de donaciones. Este esquema de trabajo conllevó a un alto costo de inversión por cocina, una calidad constructiva muy variada, poco entrenamiento de los usuarios en el manejo de los fogones y a un desarrollo lento de estos programas con la consecuencia de impactos muy bajos o nulos en la población en general.

Desde el punto de vista de la tecnología, se introdujeron fogones del tipo Lorena, Chula y CETA, las cuales muchas veces eran modificadas de acuerdo a la disponibilidad de materiales, recursos financieros y el criterio de los constructores. Un obstáculo común a todos los tipos de fogones fueron las Chimeneas, su disponibilidad de materiales, y el control de los gases durante su operación. En general la eficiencia térmica de estas cocinas eran muy bajas, inferiores al 10%.

Aun, en la presente década se continúan realizando estos programas o actividades en fogones mejorados con los mismos criterios, problemas de difusión y de aceptación. En 1999 Proleña Nicaragua, inicio un programa de difusión de fogones mejorados que fue denominado Ecofogon, inicialmente con el apoyo financiero de AID-USA, y con la tecnología generada por el proyecto de fogones de Proleña en Honduras llamada Doña Justa, que consiste en una cocina de ladrillos con una plancha, chimenea y un quemador tipo rocket. En Nicaragua se adaptó para transformarla en una cocina móvil e industrializable su producción, facilitando su introducción en las líneas de comercialización de productos para el hogar.

A mediados de la década de los 90, los proyectos de difusión de fogones mejorados, comenzaron a ser justificados como parte del mejoramiento ambiental en el ámbito doméstico, donde los gases de combustión tienen afectaciones importantes en la salud de

¹ biomassa@ibw.com.ni

las personas, principalmente en los niños, y se vinculo también los efectos del costo de las adquisiciones de la leña y su disponibilidad.

2. Objetivos

-Determinar la eficiencia térmica del fogón mejorado tipo Rocket, utilizando un catalizador para descomponer productos incompletos de la combustión y quemarlo posteriormente.

-Ensayar un modelo de gasificador de biomasa como fogón domestico y determinar la posibilidad de almacenar energía térmica en magnetita.

3. Descripción del fogón y del gasificador

3.1 Quemador Rocket: Es un fogón de fuego cerrado, que no posee chimenea, consiste en un ducto horizontal para la entrada del aire y del combustible (leña) y un ducto vertical para la combustión. El utensilio para cocinar se coloca en la parte superior del ducto vertical dejando una separación para la salida de los gases de combustión. En el Esquema No. 1, se muestra este fogón.

Este fogón, es fácil de construir y operar y tiene un costo bajo de construcción. Su desventaja principal es que no posee chimenea para extraer los gases desde el interior de la vivienda hacia el exterior. Su construcción esta basada en una caja metálica con patas, el ducto horizontal esta construida con un tubo cuadrado metálico y la cámara de combustión esta formado por ladrillos de arcilla. El aislante que se utiliza es arena pómez.

3.2 Gasificadores: En el Esquema 2 y 3 se muestran los gasificadores que se construyeron, ambos utilizan ventiladores de 1 y 2 vatios (12 voltios DC) para la introducción de aire primario y secundario en la cámara de gasificación y combustión. Ambos modelos son metálicos, construidos en lámina delgada de acero al carbono.

El principio de funcionamiento, es la gasificación de la leña o residuos, en la cámara de gasificación ubicada en la parte inferior del equipo, en un ambiente con poco oxígeno. Los gases resultantes son quemados con adicción de aire exterior, en la parte superior del equipo.

La principal ventaja de la utilización de gasificadores es que tienen mejor combustión que un fuego abierto y por lo tanto la calidad de las emisiones son superiores tanto en la composición de los gases como en las partículas sólidas contenidas en ellas.

Las pruebas realizadas en ambos equipos fueron operativas.

4. Resultados obtenidos

4.1 Fogón con quemador Rocket

Las mediciones de la eficiencia térmica se realizaron con el **Método de ebullición de agua**. El principio de este método, está basado en relacionar la cantidad de energía que se utiliza para calentar, ebullicir y evaporar agua (calor aprovechado) y la cantidad de energía suministrada, a través del combustible, que se suministra en la cocina. Se miden los siguientes parámetros: la temperatura inicial y final del agua, el tiempo de duración de la prueba, la cantidad inicial y final de la masa de agua utilizada, la cantidad de leña utilizada en peso, así como la leña residual sin quemar y en forma de carbón.

Condiciones para la realización de las pruebas de eficiencia

Para asegurar la reproducibilidad de los distintos ensayos realizados en el fogón, había que asegurar ciertas condiciones comunes, estos son:

- Cantidad de combustible utilizado: 3.5 - 4.5 kg.
- Tipo y forma de leña: Manojos comerciales de la especie cornizuelo.
- Tiempo de duración del ensayo: No menos de 3 hrs ni mayor de 4 hrs.
- Cantidad de agua utilizada: 5 litros.
- Tipo y tamaño de la Olla: La misma olla, así se aseguran la misma área de transferencia de calor
- Mediciones de peso: En la misma balanza.

En los ensayos que se realizaron, el catalizador se ubico en la parte superior del fogón y debajo de la olla que contenía el agua. Este catalizador tenía un diámetro de 14.5cm y una altura de 4 cm, ver Fotografía No. 2. El catalizador es de polvo platino insertado en una base de cerámica, se utiliza comúnmente en las chimeneas de los hornos de calefacción que usan leña.

Se midieron las temperaturas del agua en el interior de la olla, así como la temperatura inmediatamente antes del catalizador y después del catalizador. El catalizador era introducido en el fogón unos 10 minutos después del arranque cuando se tenía una temperatura de los gases de combustión cercana a 400 grados centígrados.

Cuando se realizaron los ensayos del fogón sin catalizador, se inserto una pieza metálica hueca en el lugar donde estaría el catalizador, para simular condiciones iguales de operación, también se midieron las temperaturas en las mismas posiciones.

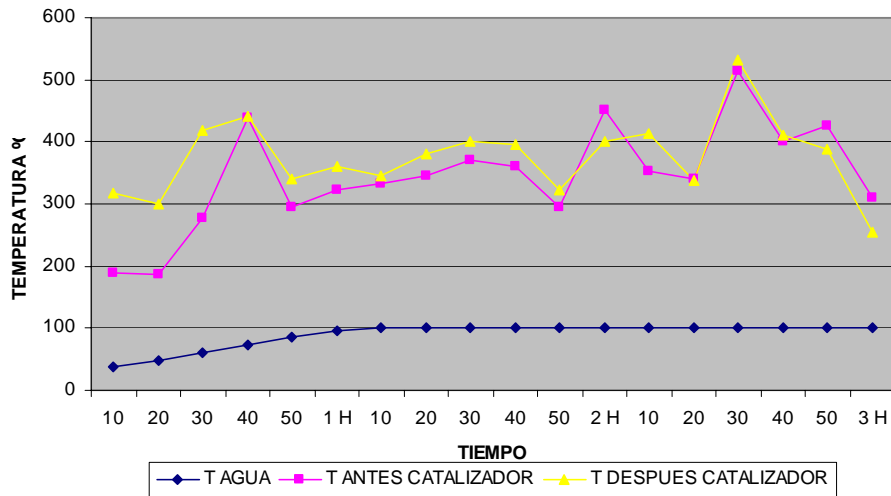
Resultados

La eficiencia térmica del fogón utilizando catalizador, estuvo entre 15.3 – 16.7 % mientras que sin catalizador fue entre, 9.7 – 12.4 %. Este comportamiento está relacionado con la temperatura a la salida del fogón, en los Gráficos No. 1 y 2 se muestra que la temperatura de salida de los gases de la combustión eran más alta cuando se tenía el catalizador.

Desde el punto de vista cualitativo se observo, que la utilización del catalizador en el fogón permitía tener unas condiciones de operación sin humo visible y sin olor detectable en el ambiente, lo cual es muy interesante para un fogón sin chimenea.

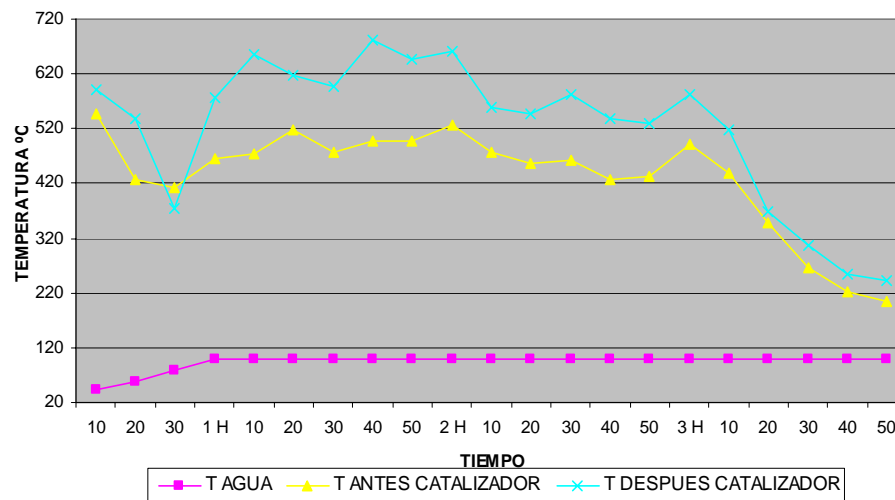
La utilización del catalizador en el fogón no significo ningún esfuerzo importante de control o de operación adicional al que se tiene cuando se opera un fogón de leña.

Grafico No. 1: Comportamiento de la Temperatura. Fogón de Leña Rocket sin catalizador.



Los thermopares estan en los mismos puntos sin o con catalysador puesto

Grafico No. 2: Comportamiento de la Temperatura. Fogón de Leña Rocket con catalizador.



4.2 Gasificadores

El combustible utilizado en los gasificadores fue Leña y serrín de madera, la leña en forma de rajas pequeñas, de 2 cm de diámetro y 12 cm de largo.

Resultados

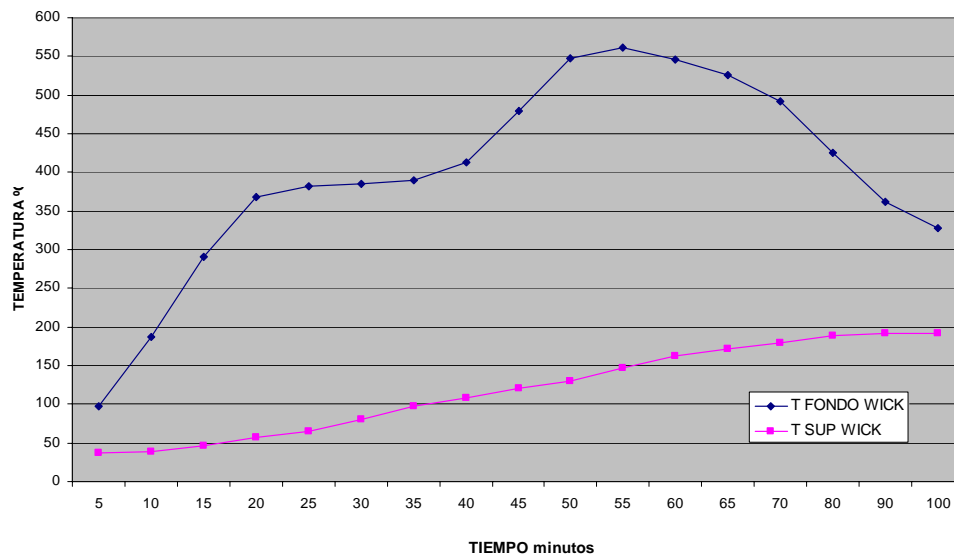
El modelo 1, dio como resultado un proceso muy rápido de gasificación, sin tenerse posibilidad de regular su velocidad a pesar de apagar el ventilador, gasificando la carga de combustible en unos 15 minutos y aumentando la temperatura rápidamente hasta que las partes metálicas se doblaron por la acción del calor.

El modelo 2, funcionó mejor en los distintos ensayos, encontrándose que hay necesidad en el momento de arranque de suministrar aire primario en la zona de gasificación pero una vez calentado y habiéndose estabilizado la producción de gas se podría cortar el aire primario. Con el aire secundario ocurre al contrario hay que aumentarlo hasta obtener una buena mezcla de aire y gas para que se realice la combustión completa del gas obtenido. Cuando había terminado la fase de gasificación y se tenía solamente carbón, se habría nuevamente la válvula de aire primario y se cerraba la válvula de aire secundario con el objetivo de quemar el carbón y continuar produciendo calor.

En el modelo 2, en el volumen interior del Wick, este fue relleno de partículas de magnetita, para evaluar su posibilidad de tomar calor excedente de la cámara de gasificación y de la zona de combustión y almacenarlo en ella. Se tenía un volumen de 4 lts de magnetita. La magnetita fue obtenida de las arenas de mar y reconcentrada con la utilización de imanes.

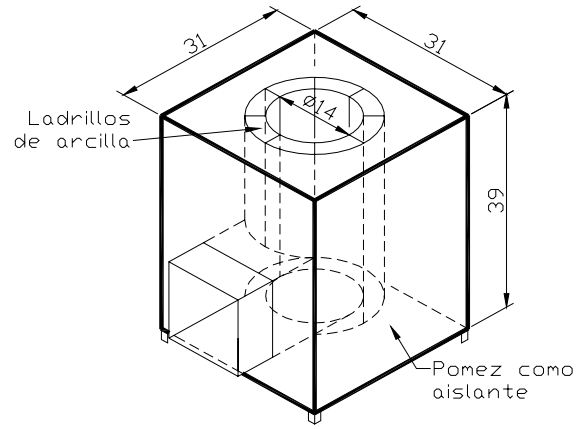
El resultado que se obtuvo es que la magnetita comenzó inmediatamente a tomar calor de la cámara de combustión, enfriándola, ocasionando que se tardara unos 10 minutos más el inicio de la gasificación. Se encontró que la conductividad térmica de partículas de magnetita sueltas no es tan alta, se tenía un diferencial de temperatura de la magnetita entre el fondo del Wick y su parte superior de 415°C, siendo la temperatura en el fondo de 561°C y en la parte superior de 146°C. Ver Grafico No. 3. Se estima que un 30% de la energía de la madera en forma de calor paso a la magnetita.

Grafico NO. 3. Perfil de Temperatura de Magnetita contenida en el Wick, Gasificador modelo 2.

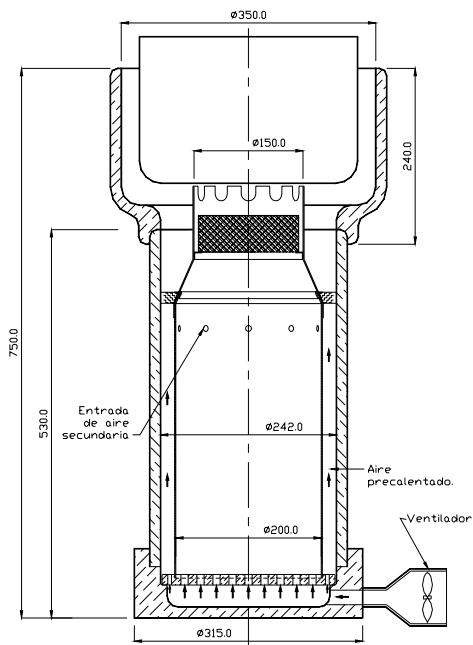


5. Conclusiones

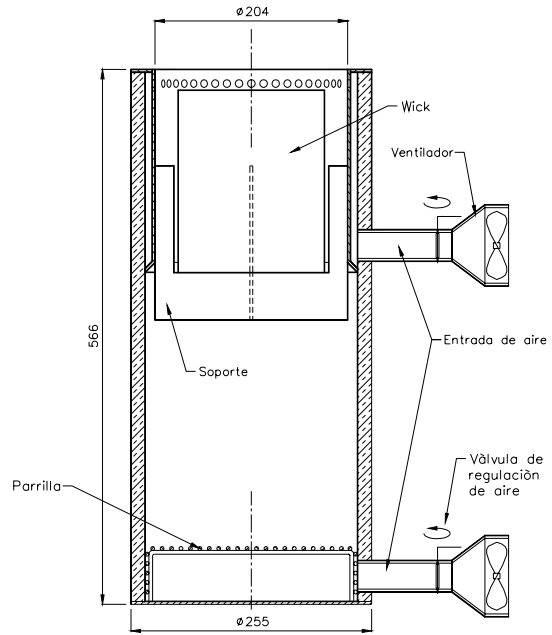
- 5.1 La utilización de un catalizador en un fogón de uso domestico puede mejorarse, tanto la eficiencia térmica, como aumentar la calidad de las emisiones del fogón. No existen aun referencias de fogones domestico de leña utilizando catalizadores, por lo que estas son las primeras experiencias.
- 5.2 Los catalizadores tienen un precio de unos US \$ 20-30, son utilizados en hornos de calefacción con una potencia muy superior a un fogón de uso domestico. Un catalizador pequeño para ser utilizado en un fogón debería tener un precio de unos US \$ 10 que en conjunto con un fogón de bajo costo, podría ser una alternativa importante para tener fogones eficientes, limpios y de fácil difusión.
- 5.3 El modelo 2 de los gasificadores, fue el que mejor funciono, es posible poder mejorarlo y regular el proceso de gasificación para tenerlo operando establemente en un tiempo de unos 25-30 min. Aunque en la practica los tiempos para cocinar son mayores y queda la incógnita de como poder recargar el equipo para continuar cocinando.
- 5.4 El almacenamiento de energía térmica en Magnetita, es viable, y es a una temperatura en la que se puede perfectamente cocinar. Tiene el potencial de aumentar al menos en un 15% la eficiencia general del gasificador.
- 5.5 Se puede mejorar la conducción del calor en la magnetita ya sea introduciendo barras de grafito o de cobre para tener una velocidad mayor del transporte del calor en todo el volumen de la magnetita o bien tener la magnetita en partículas mas finas para aumentar su superficie de contacto y aumentar su conductividad térmica y su capacidad de almacenamiento de calor por volumen.



Esquema No. 1: Fogón cerrado, tipo Rocket.



Esquema No. 2: Gasificador modelo 1



Esquema No. 3: Gasificador modelo 2

FOTOGRAFIAS



Fotografía No. 1: Fogón cerrado, tipo Rocket



Fotografía No. 2: Catalizador



Fotografía No. 3: Fogón cerrado, tipo Rocket.



Fotografía No. 4: Gasificador modelo 1.



Fotografía No. 5: Combustión del Gas. Gasificador modelo 1.



Fotografía No. 6: Gasificador modelo 2.



Fotografía No. 7: Combustión del Gas. Gasificador modelo 2.



Fotografía No. 8: Combustión del Gas. Gasificador modelo 2.