



## Estufa multifunción basada en combustibles biomásicos

Borrazás, F. <sup>(i)</sup>; Dartiguelongue, J. <sup>(i)</sup>; Dartiguelongue, M. <sup>(i)</sup>; Garófalo, J. <sup>(ii)</sup>; Nanami, A. <sup>(iii)</sup>; Ogara, M. <sup>(iii)</sup>

<sup>(i)</sup> MMJ S.R.L.

<sup>(ii)</sup> INTI- Coordinación Patagonia

<sup>(iii)</sup> INTI-Energía

### Introducción

Los combustibles tradicionalmente usados en los estratos sociales de menores ingresos de nuestro país ubicados por lo general en zonas urbanas marginales y zonas rurales siempre han sido la leña y el carbón vegetal, el querosén, y en los últimos años el gas licuado de petróleo o GLP con una fuerte penetración. Este tipo de combustibles por lo general se lo conocen como “combustibles sociales”.



Figura 1 Leña proveniente de podas de frutales utilizada para cocción y calefacción en Neuquen.

Según un informe de la Oficina del Defensor del Pueblo de la Nación, en la Argentina, el consumo interno de gas licuado de petróleo (GLP) alcanza aproximadamente el millón de toneladas por año. El 80% se comercializa en forma de garrafas y tubos, y el 20% restante a través de redes y grandes cilindros. Unas 500.000 toneladas más se emplean en el mercado petroquímico.

Por otro lado, un relevamiento realizado últimamente en la mayoría de las provincias del país, sobre el precio de las garrafas de 10 kg, realizado por el Ombudsman Nacional <sup>[1]</sup>, da como resultado, en relación al 2004, un aumento

promedio del 17% en los precios. Existen alrededor de 4,5 millones de consumidores distribuidos en todo el país, incluyendo hogares, industrias, agro, hoteles y escuelas. Los mayores consumos de GLP se producen, como decíamos, en los estratos sociales de menores recursos, que no tienen acceso alguno a una red de distribución de gas natural, hoy también escaso.

Frente a este panorama un grupo familiar típico tiene dos opciones: adquirir la garrafa de GLP de 10 kg de 25\$ a 30 \$ o quemar residuos de diversa naturaleza (biomasa, plásticos, caucho, papeles y cartones, etc.) que puedan ser encendidos y quemados, en el mejor de los casos, en un fogón abierto, en una vieja cocina económica o en una vieja salamandra de fundición de hierro o en algún aparato similar de construcción casera.

Comparativamente, en los hogares de “fogón abierto” el calor se transfiere fundamentalmente por radiación desde la llama, desde los trozos de carbón encendidos y desde el material refractario de las paredes que lo rodean. Grandes cantidades de aire del ambiente dónde están instalados son absorbidos por la chimenea (por ejemplo, un ambiente de unos 40 m<sup>3</sup> bajo el efecto de éstas chimeneas renueva el aire cada 5 minutos) lo cual limita la eficiencia de estos sistemas a un 10%. Por otro lado, el aire que fluye hacia la llama tiende a enfriarla produciendo así una mayor emisión de humo, material particulado y CO (monóxido de carbono).

Por otro lado, las típicas salamandras construidas por lo general en fundición de hierro basan su funcionamiento en una única cámara en dónde todas las fases de la combustión se desarrollan en dicho recinto lo que ocasiona un mezclado pobre de los gases combustibles con el aire generando, como en el caso anterior, humos, material particulado y CO. La eficiencia energética, en el mejor de los casos, se limita al 30%.

Una tecnología más avanzada <sup>[2]</sup> y poco difundida

en sistemas de pequeño porte que actualmente está disponible a precios elevados corresponde a modelos de estufas basados en la combustión lenta en dos etapas que permiten alcanzar eficiencias térmicas de conversión del orden del 50 al 70 % con bajos niveles de emisión. Sin embargo, la sola instalación de una doble cámara en una estufa de combustión lenta no asegura que se logren las condiciones apropiadas para garantizar un buen desempeño energético y ambiental.

En este sentido, a requerimiento de la empresa MMJ S.R.L, una PyME nacional, y basados en un diseño original de Francisco Borreras integrante de dicha empresa, INTI-Energía en conjunto con la Coordinación INTI-Patagonia con sede en la Provincia del Neuquén ha trabajado en el desarrollo y perfeccionamiento de un artefacto multifunción de bajo costo basado en residuos biomásicos como combustible primario que tenga la posibilidad de calefaccionar, cocinar y calentar agua para uso sanitario.



Figura 2 El calefactor multifunción en la plataforma de ensayos de INTI-Energía.

El diseño del artefacto se basa en la combustión en un sistema compacto de dos cámaras construidas en material refractario. En la cámara primaria se produce la pirolisis del combustible en tanto que en la segunda se produce la combustión completa de los gases pirolíticos provenientes de la primera cámara. En esta segunda cámara se logra un correcto mezclado de los gases en combustión con el oxígeno del aire primario y secundario a una temperatura mayor de la de ignición con un tiempo de residencia adecuado para que la reacción se desarrolle completamente.

Diversos prototipos de dicho artefacto fueron sometidos a ensayos de desempeño a los efectos de determinar su potencia térmica, su eficiencia de conversión y las emisiones gaseosas contaminantes.

La finalidad de este trabajo es disponer de un

producto de bajo precio, de fabricación en series cortas y con un aceptable desempeño tanto en lo energético como en lo ambiental de tal manera de permitir el acceso a sectores de la población de bajos recursos a sistemas de calefacción más eficientes basados en combustibles accesibles y económicos en muchas regiones de nuestro país.

### Metodología / Descripción Experimental

La evaluación de desempeño, tanto desde el punto de vista energético como ambiental de este tipo de artefactos, se realizó de acuerdo con la norma canadiense CAN/CAS-B415.1-92 [3].

Se construyó una plataforma de ensayos consistente en un sistema de pesadas con balanza electrónica con salida serie RS 232 para determinar y registrar electrónicamente la masa de combustible en cualquier instante del ensayo y un sistema de captación de los gases de combustión consistente en una chimenea y un túnel de dilución para la determinación de la carga de material particulado en los humos evacuados al exterior a través de un sistema de tiraje inducido por un eyector de aire impulsado por un ventilador centrífugo.

En la Figura 3 se muestra un esquema de la plataforma de ensayos construida en INTI-Energía.

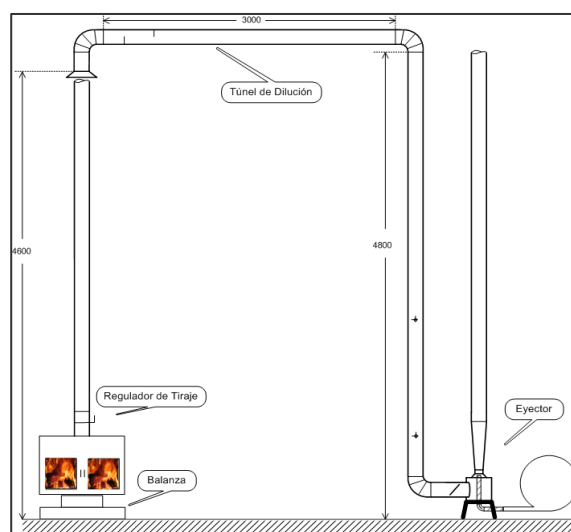


Figura 3 Esquema de la plataforma de ensayos.

En la chimenea se instaló un sensor de temperatura tipo termopar y una sonda para la captación continua de muestras de gases de combustión en las cuales se determinó la concentración de  $\text{CO}_2$ ,  $\text{O}_2$  y  $\text{CO}$ .

El tren de análisis de gases consistió en un sistema de acondicionamiento del flujo gaseoso (atemperación y secado) y de un equipo de análisis continuo y en línea basados en celdas de absorción de radiación infrarroja no dispersiva para el caso de  $\text{CO}_2$  y  $\text{CO}$ , y en celdas electroquímicas

de alta temperatura equipadas con electrodos de Zr para el caso del O<sub>2</sub>.



Figura 4 Sistema de monitoreo y adquisición de datos. Análisis de gases de combustión.

El dispositivo experimental se completa con un sistema de monitoreo y adquisición de datos basados en un registrador híbrido y en una computadora personal cuyos programas de aplicación fueron desarrollados en INTI-Energía por el grupo de Transferencia de Calor y Materia (ver Figura 4).

La metodología de ensayos propuesta por la norma canadiense se basa en la realización de corridas en lotes (batch) de una dada cantidad de combustible sólido a distintas velocidades de combustión, la cual es regulada mediante la restricción del tiraje en la chimenea del artefacto.

Tanto las variaciones de la masa de combustible en el tiempo como la composición de los gases se realiza de manera automática y en tiempo real.

En todos los ensayos se empleó como combustible leña de "espinillo" y de "álamo" cuyas características físico-químicas se muestran en la tabla 1.

Tabla 1 Características del combustible		
Combustible	Humedad [g/100g]	PCS (base húmeda) [kJ/kg]
Espinillo	15,1	15.500
Alamo	19,8	14.650

## Resultados

La evolución temporal de la eficiencia térmica global del artefacto y de la concentración de CO en los gases de combustión se tomó como parámetros para realizar los ajustes de diseño y de operación para mejorar el desempeño del artefacto tanto desde el punto de vista energético como

ambiental.

En las Figuras 5 y 6 se puede apreciar una evolución típica de las variables mencionadas.

En todos los ensayos realizados los niveles de emisión de CO no superan concentraciones del 0,5 % v/v lo que se traduce en valores de emisión promedio (expresados en g de CO por cada MJ de energía térmica generada en el hogar) muy por debajo de los límites sugeridos por la Norma Canadiense (ver Figura 5).

Por otro lado, la eficiencia térmica global promedio del artefacto supera el 60 %, alcanzando valores del 75 % operando en condiciones de cargas térmicas moderadas a elevadas.

Estos valores se consideran muy satisfactorios para un aparato de construcción y operación sencillas, lo que se traduce en consumos razonables de leña para una dada prestación.

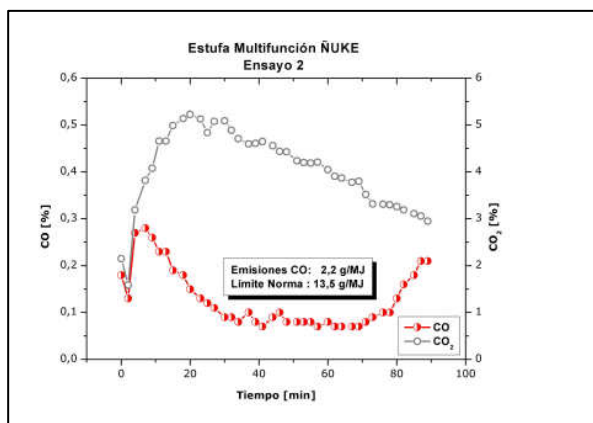


Figura 5 Evolución típica de la composición de los gases de combustión.

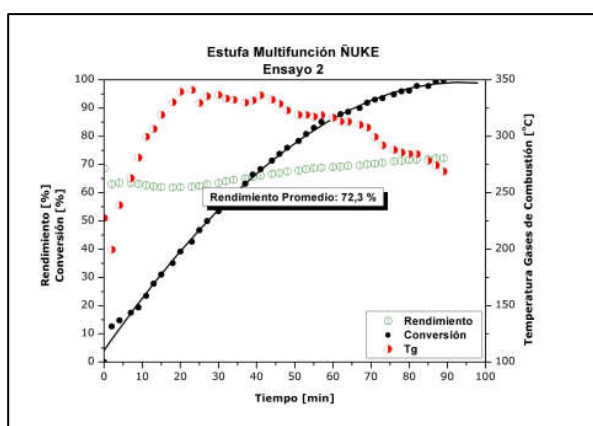


Figura 6 Evolución típica del rendimiento y de la conversión.

Finalmente, en la termografía de la Figura 7 se puede observar la homogeneidad de la distribución de temperaturas en la zona destinada a cocción y calentamiento de agua en el artefacto.

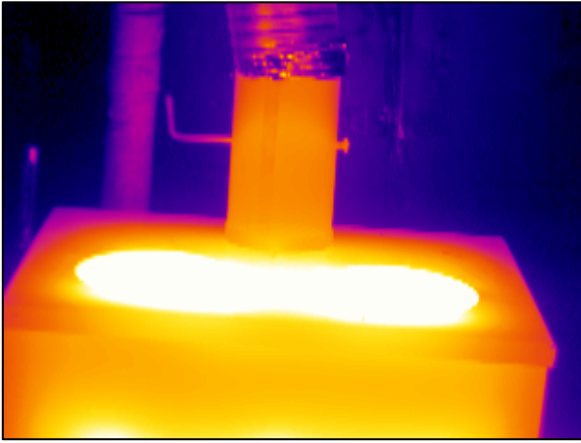


Figura 7 La temperatura en la zona de cocción.

## Conclusiones

Un sistema de calefacción de muy buen desempeño debe necesariamente ser eficiente tanto desde el punto de vista energético como ambiental.

Los sistemas basados en la combustión de combustibles biomásicos (en general de todo tipo de combustible sólido) en pequeños recintos son extremadamente difíciles de controlar mediante mecanismos sencillos (restricción y distribución de aire de combustión y de tiraje natural) en diversos estados de carga, fundamentalmente en los más bajos, en los cuales la tendencia es generar una gran carga de humo y material particulado como así también altas concentraciones de CO en los gases de de chimenea.

Se ha logrado incorporar al diseño básico diversos aspectos técnicos tendientes a minimizar las emisiones (CO y material particulado) y maximizar la eficiencia térmica global del artefacto, a través de:

- El suministro controlado de aire de combustión (primario y secundario).
- Un diseño adecuado y buen dimensionado de las cámaras de combustión tendiente a lograr altas temperaturas y turbulencia de llama en la segunda cámara de combustión, garantizando así bajos niveles de emisión y elevados valores de eficiencia térmica.
- Adecuada distribución del calor en la zona de cocción y calentamiento de agua mediante un sistema de circulación por convección natural (termosifón).

Por último, la concepción constructiva del artefacto realizada por la empresa MMJ S.R.L. y la utilización de materiales adecuados ha permitido minimizar los costos de producción lo que se traduce en precios razonables y accesibles para los usuarios

de diversos estratos sociales.

Desde principios del año 2006 hasta el presente la empresa ha producido y vendido en el mercado local alrededor de xxxx artefactos de diverso tamaño y modelos, destacándose las ventas realizadas al Gobierno de la Provincia del Neuquén (unos 500 artefactos) para su Programa de Apoyo al Desarrollo Rural.

## Referencias

[1] <http://www.defensor.gov.ar/noticias/noti05-sp.htm>

[2] M. Evans et al. "An investigation of the combustion of Wood", Journal of The Institute of Energy, 179, December 1981.

[3] National Standard of Canada CAN/CSA-B415.1-92 "Performance Testing of Solid-Fuel Burning Stoves, Inserts, and Low Burn Rates Factory Built Fireplaces", April 1992, Canadian Standards Association.

Para mayor información contactarse con:

Mario Ogara – [ogara@inti.gov.ar](mailto:ogara@inti.gov.ar)