

DISEÑO Y EVALUACION DE UNA COCINA A LEÑA

J. M. Mas¹, C. F. Kirschbaum², J. C. A. Obando Aguirre³

Instituto de Luz, Ambiente y Visión (ILAV) Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET)
 Universidad Nacional de Tucumán

Av. Independencia 1800, C.P. 4000 – Tucumán

Tel. +54 381 4364093, Int. 316/176 – Fax +54 381 4361936. E-mail: jorgemmas@gmail.com

Recibido 16/08/13, aceptado 30/09/13

RESUMEN

La contaminación del aire interior, producida por la combustión de la materia orgánica utilizada como combustible para cocinar y calefaccionar locales de viviendas es un problema que afecta a pobladores pobres alrededor del mundo.

Mediante un relevamiento en la comuna rural "El Puestito", Tucumán, Argentina, se realiza un diagnóstico sobre la situación de las cocinas.

En función de los resultados obtenidos y de acuerdo a los aspectos socio-culturales de sus pobladores, se diseña una cocina a leña mejorada que sirve además para calentar agua mediante un calentador de uso difundido en áreas rurales.

Utilizando pruebas estandarizadas, se mide la eficiencia de la misma. Los resultados demuestran que la cocina propuesta es alrededor de 20% más eficiente que un fogón a fuego abierto.

Palabras clave: cocina a leña, área rural, transferencia tecnológica.

INTRODUCCION

La contaminación del aire interior, producida por la combustión de la materia orgánica utilizada como combustible para cocinar y calefaccionar los ambientes es un problema que afecta a la mayoría de habitantes de áreas pobres alrededor del mundo. Generalmente, la biomasa se quema en fogones a fuego abierto, los cuales son muy ineficientes y liberan al ambiente interior numerosas sustancias nocivas, las que provocan problemas en la salud de los usuarios, sobre todo en mujeres y niños pequeños, que son los que transcurren mayor cantidad de tiempo expuestos a estos contaminantes. Muchos autores asocian esta exposición con enfermedades en las vías respiratorias tales como neumonía, cáncer de pulmón, asma y bronquitis crónica, entre otras (Smith K. 1987, Bruce N. et. al. 2002). En el caso de Tucumán y en particular en el área en estudio, la situación es similar a la descrita por lo que no queda excluido de estos conceptos.

Este trabajo se circunscribe específicamente al análisis de la situación de las cocinas que forman parte de las viviendas de pobladores de "El Puestito", comuna rural situada en Burruyacú, a 75 Km al Noreste de la Ciudad de San Miguel de Tucumán. Se trata de una localidad rural de 1643 habitantes, albergados en 400 casas, distribuidas en un territorio de 498 km², incluyendo montañas y montes que forman parte de Las Yungas que en Argentina se inician en Tucumán.

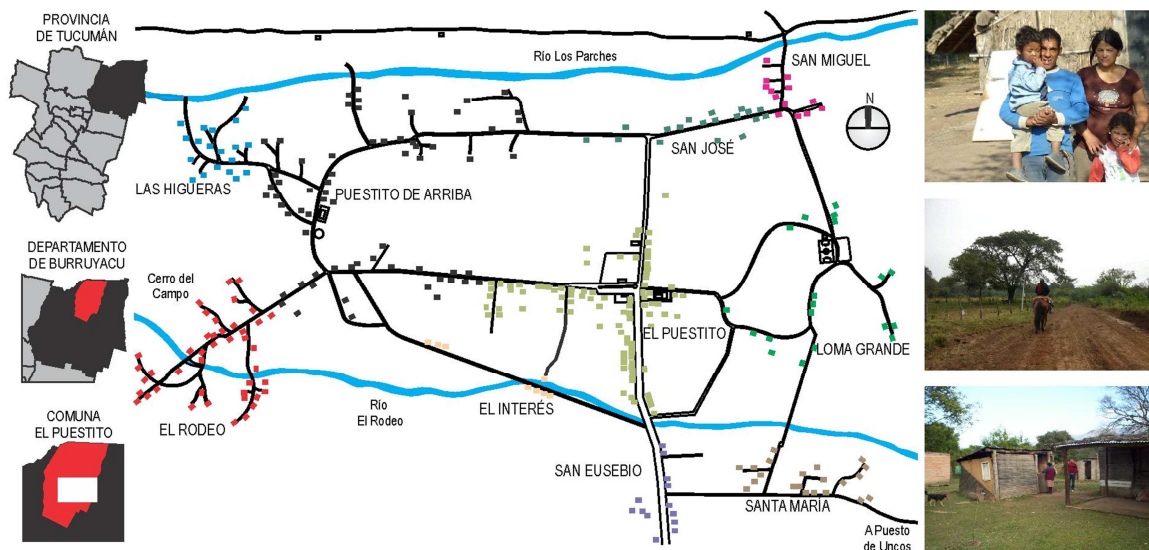


Figura 1: Plano de ubicación del área en estudio e imágenes del lugar.

¹ Doctor en Medio Ambiente Visual e Iluminación Eficiente. Arquitecto. Jefe Trabajos Prácticos. FAU - UNT.

² Doktor Engineer. Licenciado en Física. Investigador Principal CONICET. Profesor Titular. DLLyV – FACEyT - UNT.

³ Especialista en Medio Ambiente Visual e Iluminación Eficiente. Arquitecto. UNT.

La comuna está dividida en distintos sectores: El Puestito (Núcleo Principal), El Puestito de Arriba, El Rodeo, Santa María, San José, Las Higueras, Loma Grande, San Miguel, San Eusebio y El Interés. En la Figura 1 con rectángulos de colores se indica la ubicación de las viviendas. Con el fin de indicar a que sector pertenece cada vivienda es que se le asignó un color diferente.

Como primera instancia, en el marco del Proyecto PICTO 2004 N° 870 “Tecnologías para el hábitat, el aprovechamiento energético y el desarrollo productivo en áreas rurales de Tucumán”, se realizó un diagnóstico general de la situación del área. Para ello se programaron sucesivas visitas al lugar, entrevistas con pobladores y autoridades, utilizando como medio para la obtención de datos una encuesta confeccionada con el fin de obtener información sobre las costumbres y modos de vida, constitución de la vivienda, uso de los combustibles, necesidades y deseos de los habitantes, entre otras cosas. (Mas J. 2007).

Los resultados demostraron que 93% de las familias de la zona emplea leña, como fuente de calor y combustible para la cocción de los alimentos. La misma se quema en fogones a fuego abierto donde la combustión se produce en forma incompleta, provocando emisiones de partículas y gases contaminantes, lo que sumado a una inadecuada ventilación de los locales y a la presencia permanente de animales domésticos, afectan la salud de los usuarios, especialmente en lo que a afecciones respiratorias se refiere (Tonello G. et. al. 2007).

Cabe aclarar que el 54% de estos pobladores utilizan gas licuado en garrafas para cocinar. Sin embargo el combustible principal es leña, quedando relegado el uso del gas para situaciones en donde cuentan con el dinero suficiente y los medios necesarios para trasladar las garrafas, ya que los habitantes deben recorrer varios kilómetros para poder comprarlas.

A la vista de estos resultados se consideró que el diseño, introducción y construcción de cocinas a leña mejoradas, más eficientes que los fogones a fuego abierto y equipadas con una chimenea para liberar al ambiente interior de los gases contaminantes producidos por la combustión de la materia orgánica, podría ayudar a mejorar la calidad de vida de los habitantes del lugar.

Para poder realizar un diseño que se adapte a las necesidades, modos de vida y deseos de los habitantes de la zona de influencia de esta investigación, se confeccionó una segunda encuesta, destinada específicamente a indagar sobre cuestiones de la cocina tales como: uso que se le da al fuego, molestias ocasionadas por el humo, accidentes causados por el fogón, ubicación del fogón en la vivienda, forma de obtener el combustible, posición del usuario al cocinar, cantidad de focos de fuego utilizados y manera de encender el fuego.

ANTECEDENTES

La idea de una cocina a leña para uso de pobladores rurales pobres no es nueva. Los primeros programas de desarrollo de esta tecnología comienzan en la década del 70, en coincidencia con la primera crisis del petróleo. Es así que allá por el año 1976 en Guatemala, la Estación Experimental ICADA desarrolla la cocina "Lorena", denominada de esta manera por los materiales con las cuales se la construye: lodo y arena. Fue diseñada específicamente para utilizar madera como combustible principal, cocinar en el interior de los ambientes y evacuar el humo al exterior (Aprovecho Institute 1984).

Numerosos países alrededor del mundo realizaron proyectos para desarrollar cocinas a leña mejoradas, siendo de destacar entre ellos a China, en donde en el año 1980 el Departamento de Protección Ambiental y Energía del Ministerio de Agricultura pone en marcha un programa de cocinas mejoradas, promoviendo alrededor de diez modelos diferentes de cocina prefabricadas de hierro o cerámica (Wick J. 2004).

Es de destacar también la tarea realizada en la India desde 1983, con la construcción de cocinas bajo la tutela del Ministerio de Energía No-conventional. Se difundieron alrededor de ocho modelos diferentes, subvencionando el estado entre el 50 y el 75% del costo de la misma (Mich M. 2003)

En 1980, con otro criterio en Senegal, se desarrolla la cocina "Louga" que difiere de las anteriores debido a la inexistencia de la chimenea. En este caso no la necesita, debido a que está diseñada para ser utilizada al exterior donde los gases escapan libremente. Se la diseñó de esta forma teniendo en cuenta la costumbre de los habitantes de este lugar, quienes cocinan al aire libre en el exterior de sus viviendas. Se probaron dos modelos diferentes una de tierra y la otra metálica, presentando la última la ventaja adicional de poder ser trasladada a distintas ubicaciones (Aprovecho Institute 1984).

En América Latina son de destacar, más allá de la tarea realizada en Guatemala, las cocinas desarrolladas en México. Son variantes de la Lorena con modificaciones según el área en donde se las introducía. Es así que por ejemplo en Oaxaca, se construye una cocina con adobes debido a que en esta región, el adobe es de uso común además de ser rápido y barato, mientras que en otros estados de México, se las realiza colocándole un revestimiento exterior de azulejos, aprovechando de esta manera la industria local (Wick J. 2004). También existen diseños realizados con metal que utilizan como combustible el carbón vegetal (Aprovecho Institute 1984).

Recientemente en Argentina, más precisamente en el año 2006, se presentó la cocina "Ñuke" desarrollada por el Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI). La misma posibilita no solo la función de cocinar, sino que también puede incorporar un serpentín que calienta agua para abastecer a la vivienda en donde se instale. Es un producto industrial, construido con metal y materiales refractarios, con puertas y visores de vidrio cerámico, cada una con entradas regulables de aire para combustión, lo que la hace una tecnología más cara y menos accesible para pobladores de bajos recursos (Battista D. 2008).

Como se puede ver, existen alrededor del mundo y en América Latina, numerosas experiencias de cocinas mejoradas, cada una adaptada a diferentes necesidades de la población a las que están destinadas.

El objetivo propuesto en este trabajo es generar una cocina a leña que se adapte a las características sociales y culturales del área de influencia, es decir la localidad rural El Puestito.

ANÁLISIS DE DATOS

Se explicó anteriormente que mediante una encuesta se relevaron cuestiones específicas referidas a la actividad de cocinar. Del análisis de los datos obtenidos, se obtuvieron los siguientes resultados:

Con respecto al uso que los habitantes le dan al fuego, un alto porcentaje, el 91% corresponde a usuarios que lo utilizan solo para cocinar. Los restantes además lo usan para calefaccionar los ambientes.

El 100% de las personas consultadas manifestó que el humo causa molestias dentro de los ambientes, porque ocasiona problemas en la salud, tales como dolor de cabeza, lagrimeo en los ojos y congestión de las vías respiratorias. El 18% de los usuarios declaró que en alguna oportunidad sufrió accidentes por quemaduras, ya sea con agua caliente o por contacto directo con el fuego.

La ubicación del fogón en la vivienda es otra característica importante a tener en cuenta. Los resultados indican que el 72% de los pobladores construyen el fogón en un ambiente interior. Los restantes lo ubican en el exterior, bajo un refugio.

Se indagó también sobre la ubicación del mismo en las diferentes épocas del año y en situaciones festivas obteniéndose, en el 100% de los casos, igual respuesta: la ubicación es la misma siempre, no varía con las estaciones ni con las épocas festivas, situación que difiere en relación a otras áreas rurales. Por ejemplo, en algunas comunidades en el norte de África, la posición del fogón varía según la época del año (Aprovecho Institute 1984).

El 91% de los pobladores recolecta el combustible por sus propios medios. Cabe aclarar que de este porcentaje, la mitad en ocasiones lo compran y en otras oportunidades lo recolecta. Según indican hay personas que viven en la zona y que se dedican a desmontar y vender leña.

La mayor parte de los usuarios, 63%, estiba la leña al aire libre. Sin embargo, muchos de ellos manifestaron el deseo de contar con un lugar para guardarla y evitar así que se moje, porque dificulta la combustión y genera mayor cantidad de humo. Es importante destacar que el poder calorífico de la leña húmeda disminuye con respecto al de la leña seca, debido al calor latente necesario para vaporizar el agua (Dalpasquale V. et al. 1991).

En cuanto a las prácticas de cocina, la costumbre de la zona es cocinar de pie, pero con la necesidad de agacharse constantemente, ya que la altura del fogón es pequeña porque mayoritariamente está en el suelo, sosteniéndose las ollas apoyándolas sobre piedras o bien colgándolas desde el techo mediante cadenas (Ver Figura 2). Esta situación causa malestares y dolores en la columna, según los dichos de los propios usuarios.

Otro hábito generalizado es el de colocar dos recipientes en el fuego. En uno se cocina mientras que en el restante se calienta agua. La Figura 2 ilustra esta costumbre. En la olla colgada se cocina, mientras que en un recipiente secundario, apoyado directamente sobre el fogón, se calienta agua.



Figura 2. A) fogón sobre piedras en el suelo. B) fogón en el suelo, postura incomoda para cocinar. C) fogón en el suelo, con ollas colgando desde el techo mediante cadenas. Nótase el uso del fogón con dos recipientes a la vez.

Con respecto a la manera de encender el fuego la práctica usual es prenderlo con ramitas finas y papel, utilizando solo leña como combustible. El uso de residuos de la cosecha, marlo de choclo o excremento de animales, no se da en la zona, como si sucede en otras comunidades rurales del mundo, como ser algunas áreas de China o Sudáfrica (Bruce N. et. al. 2002). Las especies de leña más utilizadas en la zona son tusca (*Acacia caven*) y cebil (*Anadenanthera colubrina*).

PROPUESTA

Los datos obtenidos y detallados anteriormente, sirvieron como punto de partida para enunciar las pautas que guiaron el diseño de la cocina. Fue así que se determinó que una cocina a leña mejorada, adaptada a las características particulares del área en estudio debía:

- Poseer un sistema de evacuación del humo, que permita liberar al ambiente interior de gases contaminantes generados como consecuencia de la combustión de la materia orgánica y de esta manera obtener ambientes más limpios, minimizando aquellos problemas de salud relacionados con la exposición al humo.
- Ubicar la boca de carga de leña hacia el exterior, no solo para contribuir a que el humo y gases tóxicos no invadan el ambiente interior, sino también para que el oxígeno necesario para la combustión sea tomado desde el exterior.
- Contar con dos hornallas o focos de fuego, dando la posibilidad de que en una de ellas se cocine mientras que en la otra se pueda calentar constantemente agua.
- Tener la altura necesaria para permitir su uso en la posición erguida.

- Diseñar una cámara de combustión que permita poner en una parrilla ramas pequeñas y por debajo de ella el papel necesario y utilizado, según las costumbres del lugar, para encender el fuego.
- Prever un espacio destinado a almacenar el combustible, evitando así que se humedezca.
- Aprovechar el calor residual que escapa a través de la chimenea para calentar agua contenida en un calentador que abastece a la vivienda.

La Figura 3, muestra la planimetría general de la cocina propuesta.

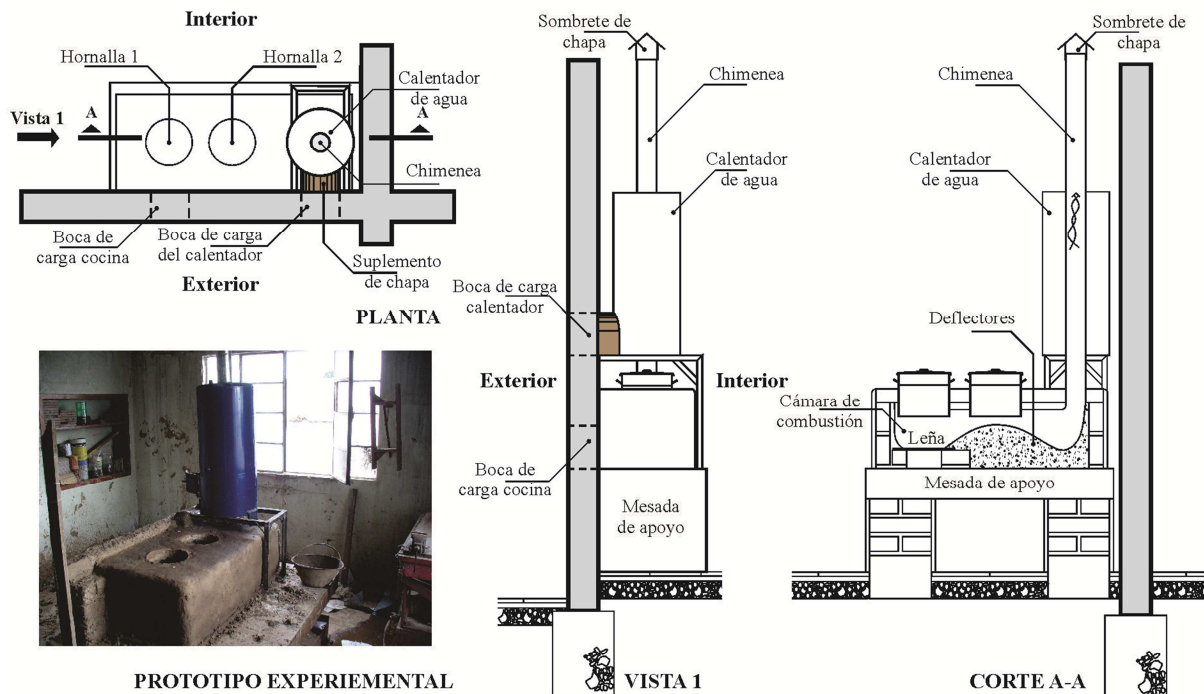


Figura 3. Planimetría y prototipo experimental de la cocina diseñada.

ENSAYOS

Para evaluar el funcionamiento y la eficiencia de la cocina diseñada, se construyó un prototipo experimental (Figura 3).

Siguiendo las recomendaciones internacionales para ensayos de cocinas a leña (VITA 1985), se realizaron experimentos para evaluar la eficiencia de la cocina diseñada. Se utilizó para tal fin dos de las tres pruebas recomendadas: el Ensayo del Agua Hirviendo y el Ensayo de Cocción Controlada.

En el presente año, en el marco del proyecto de investigación “Promoción del Desarrollo Local en la localidad de El Puestito”, financiado por la Unidad para el Cambio Rural se prevé la construcción de un prototipo en el área en estudio. Es por ello que la tercera de las pruebas, el Ensayo del Funcionamiento de Cocina, se llevará a cabo una vez concluida la construcción, ya que el mismo debe ser realizado por los usuarios en sus propias casas.

Para evaluar la transferencia de calor al calentador de agua, se lo consideró como un recipiente más en la cocina, como si se tratara de una cocina con tres hornallas en vez de dos.

Para tener un parámetro de comparación, los ensayos estandarizados se llevaron a cabo no solo en la cocina mejorada sino también en un fogón a fuego abierto el cual como se explicó anteriormente, es muy utilizado en la zona en estudio.

Con respecto a la leña, es importante destacar que todos los ensayos fueron realizados con muestras de leña recolectadas en el área en estudio (Figura 4), intentando que las mismas sean lo más homogéneas posibles entre sí, evitando de esta manera incluir un error debido a que el poder calorífico de la leña varía según la especie.

Antes de comenzar cada ensayo se pesó y midió el contenido de humedad (Figura 4) en cada una de las muestras de leña utilizadas. Para ello se usaron una balanza marca Sigma, modelo "Clipse", con capacidad máxima de 15 kg, mínima de 0,1 kg y precisión de 5 g y un medidor digital inductivo de contenido de agua en madera y materiales marca Hepta, modelo HMC-7825S con un rango de medición de 0% a 80% y una precisión de 0,5%.

En general, las mediciones de humedad demostraron que el contenido promedio de humedad en leña secada al aire bajo techo por un período de tres meses varía entre 10 y 15 %. Cabe aclarar que esto depende del clima del lugar y de la humedad contenida en el aire.



Figura 4. A) recolectando muestras de leña. B) pesando leña. C) medición de la humedad.

A continuación se realiza una breve descripción de cada una de las pruebas realizadas.

Ensayo del Agua Hirviendo

Es una relativamente corta y simple simulación de los procedimientos de cocina común. Mide el consumo de combustible para una cierta clase de tareas. Se usa para una comparación rápida de los resultados de diferentes fogones. En este ensayo se usa agua para simular alimentos. La cantidad estándar de agua utilizada en las pruebas está fijada por las recomendaciones internacionales para ensayos de cocinas a leña en dos tercios de la capacidad total de la olla (VITA 1985).

La prueba incluye una fase de "alta potencia" y una de "baja potencia". La fase de alta potencia implica el calentamiento de la cantidad estándar de agua a temperatura ambiente hasta el punto de ebullición. Esta tarea debe hacerse tan rápido como sea posible. En la fase de baja potencia, el fuego se reduce al más bajo nivel necesario para mantener al agua durante una hora, dentro del límite de 2 °C de la temperatura de ebullición (VITA 1985). Es una prueba relativamente fácil de efectuar, que brinda un panorama aproximado de la eficiencia de la cocina ensayada. Debe realizarse al menos cuatro veces en cada cocina/fogón. Los resultados se promedian y se analizan estadísticamente.

Para comparar la eficiencia de cada cocina/fogón, se tendrá en cuenta el indicador denominado Consumo Específico Estándar que es una expresión usada en el Ensayo del Agua Hirviendo para describir el Equivalente de Leña Seca Consumida (ELS) durante las fases de alta y de baja potencia, en relación a la cantidad de agua evaporada en la primera olla (VITA 1985).

Cabe aclarar que a medida que la humedad de la leña aumenta, disminuye su poder calorífico. Esto se debe al calor latente necesario para vaporizar el agua contenida en ella. Para poder comparar mediciones realizadas con leña que tienen diferentes contenidos de humedad, es que se utiliza el concepto de Equivalente de Leña Seca Consumida, el cual se calcula mediante:

$$ELS = \frac{m}{(1 + f) - 1,5 h} \quad (1)$$

En donde:

- m: peso de leña utilizada [kg]
- f: contenido de humedad de la leña [%]
- h: peso del carbón remanente [kg]

Ensayo de Cocción Controlada

Es una prueba intermedia entre el Ensayo del Agua Hirviendo y el Ensayo del Funcionamiento de Cocina. Su objetivo es proporcionar estimaciones del consumo de combustible para un conjunto de tareas de cocción. Debe realizarse por lo menos cinco veces en cada cocina/fogón ensayado (VITA 1985).

A diferencia del Ensayo del Agua Hirviendo, cuyos procedimientos son rígidos e iguales para cualquier cocina que se desea evaluar, el Ensayo de Cocción Controlada utiliza procedimientos variables en función de los tipos de comidas preparadas, las prácticas de cocina y la manera en que se utiliza la misma. Estos parámetros dependen de las características culturales del área en la que se pretende intervenir.

Son dos los objetivos principales de este ensayo (VITA 1985):

- Comparar el combustible consumido y el tiempo empleado para cocinar una comida estándar en fogones diferentes.
- Determinar si una cocina, puede cocinar con eficacia una o varias de las variedades de comidas que se preparan normalmente en la zona que se estudia.

La comida estándar se define como una comida comúnmente preparada en la zona en donde se pretende introducir una cocina a leña mejorada. El Ensayo de Cocción Controlada consiste en cocinarla, siguiendo los procedimientos comunes de la cocina local. Por ello es necesario seleccionar una comida que comúnmente se prepara en la región y establecer los procedimientos exactos y tal como se llevan a cabo en el área de influencia, mediante el estudio de las prácticas de cocina locales.

En el caso estudiado, la determinación de la comida estándar y de los procedimientos de cocinado se realizó a través de una encuesta específica efectuada a mujeres de la zona. Cabe aclarar que las comidas que se cocinan y consumen en el área son

variadas y numerosas. Sin embargo, los resultados de la mencionada encuesta muestran una marcada tendencia al consumo de guisados de fideos o arroz.

Por último, la evaluación de eficiencia se realiza considerando el Consumo Específico de Combustible. Este índice, se obtiene mediante la relación entre el equivalente de leña seca consumida y el peso de comida cocinada.

Ensayo del Calentador de Agua

Con este ensayo, se intenta saber cuál es el porcentaje de calor de los gases residuales que son utilizados en el calentamiento del agua contenida en el calentador, dispositivo montado en la salida de gases de la cocina. Se utilizó un equipo de uso generalizado en el ámbito rural que se adquiere en comercios y ferreterías.

La prueba se dividió en dos partes. La primera se realiza durante el transcurso de los Ensayos de Cocción Controlada. En ella se miden, además de los datos indicados en las recomendaciones internacionales (peso de la comida y de la leña utilizada para cocinarla, carbón remanente, etc.), la temperatura inicial y final del agua contenida en el calentador, considerado como un recipiente más de la cocina, como si se tratara de una cocina de tres hornallas. Esta decisión está fundada en el hecho que en situaciones reales de uso, el agua del calentador incrementará su temperatura a medida que la cocina sea utilizada. Esta medición sirve para saber qué porcentaje de calor contenido en los gases calientes que escapan al exterior por la chimenea, se transfieren al calentador.

La segunda evalúa la eficiencia de transferencia de calor en el calentador, considerándolo solo, como si estuviera separado del sistema de la cocina. En estas condiciones, para calentar el agua contenida en él, es necesario colocar y encender leña en la boca de carga original (identificada en Figura 3, como boca de carga de calentador).

Para simular esta situación se llenó el calentador con agua a temperatura ambiente. La temperatura del agua, al ingresar desde la red de distribución al calentador, depende de las condiciones climáticas. En la localidad en estudio, en promedio en invierno, el agua de red tiene una temperatura de 2 °C y en verano puede alcanzar, aproximadamente 30 °C.

El agua caliente para higiene personal se usa aproximadamente a 40 °C. Esto indica que la cantidad de calor que debe absorber el agua para alcanzar esta temperatura, considerando masas iguales, depende de la diferencia entre la temperatura final e inicial. En el caso del invierno, y suponiendo que el agua ingresa a 2°C, el salto térmico es de 38 °C. En el verano, cuando el agua ingresa al calentador a mayor temperatura, en general a 30 °C, el salto térmico es mucho menor, 8 °C, por lo que será menor también la cantidad de calor necesaria.

Por lo expuesto anteriormente y sabiendo que el salto térmico varía según la temperatura inicial, (temperatura a la que ingresa el agua) y la temperatura final (temperatura que debe alcanzar el agua para ser usada en la vivienda) para la época de verano e invierno, a los efectos de la realización de las pruebas, se fija un salto térmico estándar de 10 °C.

Para comenzar el Ensayo del Calentador, se lo llenó de agua a temperatura ambiente, se encendió fuego, colocando en el orificio original del mismo, una cantidad determinada de leña, con contenido de humedad y peso conocidos. Se mantuvo el fuego el tiempo necesario para elevar la temperatura del agua 10 °C, pesando una vez alcanzado el límite propuesto, el carbón y la leña remanente.

Obtenidos los valores correspondientes al equivalente de leña seca utilizada, sabiendo el poder calorífico según el tipo de la leña ocupada es de 15.419,2 kJ/kg (Dalpasquale et. al. 1991). sus condiciones de humedad y conocidas las temperaturas inicial y final del agua es posible determinar el Porcentaje de Calor Utilizado, índice que se obtiene mediante la relación entre el consumo neto de calor en el recipiente evaluado (en este caso el calentador) y el potencial calórico en leña (VITA 1985).

Es importante remarcar que antes de iniciar la segunda etapa de la prueba, la cocina debe estar perfectamente fría. De otra manera, el elevado peso de la misma y su alta capacidad térmica, producirían errores debido al calor aportado por ella.

RESULTADOS

Para una mejor comprensión de los resultados, se los divide, clasificándolos según las pruebas realizadas para obtenerlos en:

- Resultados del Ensayo del Agua Hirviendo.
- Resultados del Ensayo de Cocción Controlada
- Resultados del Ensayo del Calentador

Resultados del Ensayo del Agua Hirviendo

En la Tabla 1 se puede consultar los valores promedio del Consumo Específico Estándar obtenidos en la cocina mejorada y en el fogón a fuego abierto, mediante el Ensayo del Agua Hirviendo.

| Resultados | Modelo de estufa | |
|-----------------------------|------------------|-----------------|
| | Fogón abierto | Cocina mejorada |
| Consumo Específico Estándar | 3,42 | 2,80 |
| CEE desviación estándar (S) | 0,12 | 0,09 |
| Número de pruebas (n) | 4 | 4 |

Tabla 1. Resultados obtenidos en el Ensayo del Agua Hirviendo.

Para interpretar los resultados es importante resaltar que a medida que el valor del Consumo Específico Estándar disminuye, mayor es la eficiencia de la cocina ensayada (VITA 1985).

Si comparamos los resultados obtenidos, podremos ver que el Consumo Específico Estándar de la cocina diseñada es menor que el de un fogón a fuego abierto, 2,80 contra 3,42 respectivamente, lo que indica que es más eficiente.

Para llevar el agua al punto de ebullición y mantenerla durante un período de tiempo de 60 minutos, según lo indican las recomendaciones internacionales para la prueba del agua hirviendo, se necesitan en el caso de la cocina diseñada, un promedio de 2,04 kg de leña, mientras la misma tarea realizada en un fogón a fuego abierto consume en promedio 2,55 kg de leña, lo que reporta un ahorro aproximado del 25% en el uso del combustible.

Resultados del Ensayo de Cocción Controlada

En la Tabla 2 se indica el valor promedio del Consumo Específico de Combustible obtenido en los Ensayos de Cocción Controlada.

| Resultados | Modelo estufa | |
|-----------------------------------|---------------|-----------------|
| | Fogón abierto | Cocina mejorada |
| Consumo Específico de Combustible | 1,03 | 0,82 |
| CEC desviación estándar | 0,10 | 0,08 |
| Número de pruebas (n) | 5 | 5 |

Tabla 2. Resultados obtenidos en el Ensayo de Cocción Controlada.

De estos resultados podemos concluir que la estufa mejorada logra un ahorro aproximado de 20% respecto al fogón a fuego abierto en la preparación de guisados.

Resultados del Ensayo del Calentador

En promedio, durante los Ensayos de Cocción Controlada, el agua contenida en el calentador aumentó su temperatura 4,0 °C. Considerando que la capacidad del calentador es 80 litros, se puede calcular la cantidad de calor absorbido por el agua con:

$$Q = m * C_e * \Delta t \quad (2)$$

En donde:

- m: masa [kg]
- C_e: Calor específico [kJ/kg °C]
- Δt: Diferencia de temperatura [°C]

Reemplazando en (2), se obtiene el calor absorbido por el agua, en este caso 1340,8 [kJ]

$$Q = 80 [kg] * 4,19 [kJ/kg °C] * 4 [°C]$$

$$Q = 1.340,8 [kJ]$$

El poder calorífico de la leña es 15.419,2 kJ/kg (Dalpasquale et. al. 1991). Sabiendo que se utilizó el equivalente a 2,4 kg de leña seca (valor promedio de los 5 ensayos realizados), se puede determinar el calor total desprendido por la combustión con:

$$Q = \text{Poder calorífico de la leña [kJ/kg]} * \text{Equivalente en leña seca [kg]} \quad (3)$$

$$Q = 15.419,2 [kJ/kg] * 2,4 [kg]$$

$$Q = 37006,1 [kJ]$$

Por último, el Porcentaje de Calor Utilizado [PCU] se obtiene mediante la relación porcentual de: (VITA 1985)

$$PCU = \frac{\text{Poder calorífico de la leña [kJ]}}{\text{Calor total desprendido por la combustión [kJ]}} * 100 \quad (4)$$

$$PCU = \frac{1.340,8 \text{ [kJ]}}{37.006,1 \text{ [kJ]}} * 100$$

$$PCU = 3,6 \text{ [%]}$$

Es decir que, el 3,6 % del total del calor desprendido por la combustión se transfiere al agua del calentador.

Para tener un parámetro de comparación, una vez finalizada la prueba, se dejó enfriar la cocina y se colocó leña directamente debajo del calentador, en la boca de carga original del mismo. Esto se hizo para determinar cuál es la eficiencia del calentador en condiciones normales de funcionamiento, con leña directamente debajo de él. Los resultados indicaron que la transferencia de calor que se logra, es decir, el Porcentaje de Calor Utilizado es 19 %.

Es decir que para que el agua en el calentador suba su temperatura en 10 °C, es necesario colocar aproximadamente el equivalente a 1,10 kg de leña seca, los que producirían alrededor de 16.961,1 kJ, de los cuales el 19 % (3.352 kJ) serían absorbidos por el agua.

Comparando estos aportes (3,6 % para los gases calientes y 19 % para leña colocada debajo del calentador), se deduce que la contribución que produce el calor residual de los gases calientes que se generan durante la cocción de los alimentos es considerable y alcanza el 18,9%. Cabe aclarar que las mediciones fueron hechas durante la realización de las pruebas de Ensayo de Cocción Controlada. Esto significa que, en condiciones normales de funcionamiento, cuando la cocina se enciende varias veces durante el día, generalmente cuatro, es decir desayuno, almuerzo, merienda y cena, el aporte será mayor.

En caso de no estar el calentador colocado sobre la cocina, el calor de los gases calientes, de todas formas existiría, pero sin aprovecharse y se disiparía al exterior.

Con el diseño propuesto se lo aprovecha, para aportar una parte del calor necesario para el calentamiento del agua. Sin embargo es importante aclarar que es solo un aporte y por lo tanto, es necesario de todas formas colocar leña en el orificio original del calentador para alcanzar la temperatura deseada. Por este motivo es que se prevé dos bocas de cargas: una para la cocina y la otra para el calentador (Figura 3).

CONCLUSIONES

La construcción de una cocina a leña como la propuesta es económica en dos aspectos:

- En el dinero: debido a que se construye no solo con recursos naturales que están al alcance de cualquier habitante, sino también con recursos de bajo costo.
- En el consumo de leña: ya que al ser más eficiente que un fogón a fuego abierto, disminuye la cantidad de combustible utilizado.

El uso de la leña en fogones a fuego abierto es una costumbre que genera numerosos problemas a los usuarios, concentrados sobre todo en áreas rurales pobres, no solo de la provincia de Tucumán sino también del mundo entero.

La introducción de cocinas a leña mejoradas es una posible solución a estos problemas, que ayuda a mejorar la calidad del aire interior, evacuando el humo al exterior, además de proporcionar ahorro de combustible y mayor seguridad en el usuario.

Durante la realización de las pruebas en la cocina mejorada, se pudo observar que:

- El agua llega a la ebullición en ambas ollas.
- Después de apagado el fuego se puede calentar agua debido al calor acumulado en la cocina mejorada.
- Es fácil encender el fuego y una vez prendido no necesita mantenimiento.

Para transferir una tecnología de este tipo, son decisivos la capacitación y el apoyo a la comunidad, requiriéndose que los posibles usuarios estén totalmente informados no solo en la construcción de la cocina, sino también sobre su manejo. Esto podría ayudar a asegurar una larga vida al proyecto.

BIBLIOGRAFIA

- Aprovecho Institute, (1984). "Fuel-saving cookstoves". A publication of Deutsches Zentrum für Entwicklungstechnologien. Federal Republic of Germany.
- Battista D., (2008). Doble combustión y su vinculación con combustibles biomásicos: respuesta a la crisis energética desde el diseño. Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI), N° 60, p. 7.
- Bruce N., Perez Padilla R., Albalak R., (2002), "The health effects of indoor air pollution exposure in developing countries". World Health Organization, Protection of the Human Environment. Génova.
- Dalpasquale V., Marques Pereira D., Sinicio R., Filho D., (1991). "Calentamiento del aire". Oficina regional de la FAO para América Latina y el Caribe. Santiago, Chile. En: <<http://www.fao.org/docrep/x5059S/x5059S05.htm#Le%C3%B1a>>.
- Mas J., (2007). "Análisis de viviendas en un área rural de la provincia de Tucumán". Terceras Jornadas de la Asociación Argentino Uruguayo de Economía Ecológica ASAUUE. Tucumán, Argentina.
- Mas J., (2008). "Prototipo de vivienda para un área rural de la provincia de Tucumán". Segundas Jornadas de Jóvenes Investigadores, Tucumán, Argentina.
- Mich, M., (2003). "El uso de biomasa como fuente de energía en los hogares, efectos en el ambiente y la salud y posibles soluciones", Informe final del Grupo Interdisciplinario de Tecnología Rural Apropiada (GIRA), A.C, México.
- Smith K., (1987), "Biofuels, air pollution and health. A global review". Eds. Lester R. y Adelin J. Plenum Press. New York.
- Tonello G., Mas J., Raitelli M., Kirschbaum C., (2007). "Factores ambientales en viviendas de una zona rural y su efecto en las personas". V Congreso de Medio Ambiente. La Plata, Buenos Aires, Argentina.
- Tonello G., Mas J., Raitelli M., Kirschbaum C., (2007). "Efectos en la salud de las condiciones ambientales de cocinas rurales en Tucumán". IX Reunión anual de investigación en ciencias de la Salud de la Facultad de Medicina de la UNT. Tucumán, Argentina.
- VITA (1985). Testing the Efficiency of Woodburning Cookstoves. Volumeteers in Technical Assistance. Arlington, VA EE.UU. 66 pp. [En-línea]. [Fecha de consulta: 03 de setiembre de 2007]. Disponible en: <www.cd3wd.com/cd3wd_40/JF/JF_VE/BIG/20-459.pdf>.
- Wick, J., (2004). "Estufas mejoradas: mejorar la vida, la salud y el medio ambiente" Publicado en revista Futuros N° 5. 2004 Vol. II, en: <http://www.revistafuturos.info>

ABSTRACT

The indoor air pollution produced by the combustion of organic matter used as fuel for cooking and residential heating is a problem affecting poor people around the world.

A diagnosis on the state of the kitchens is conducted through a survey in the rural commune of "El Puestito", Tucuman, Argentina.

Based on these results and considering socio-cultural aspects of its inhabitants, an improved wood stove that also serves to heat water through a heater (widely used in rural areas) is designed.

Its efficiency is measured using standardized tests. The results show that the proposed kitchen is about 20 % more efficient than an open fire stove.

Keywords: wood stove, rural area, technology transfer.