

**Datos Generales**

<b>Proyecto</b>	COMPARACIÓN TERMICA DE COCINAS SOLARES		
<b>Estado</b>	INACTIVO		
<b>Semillero</b>	UNIAUTONOMA		
<b>Área del Proyecto</b>	Ingenierías	<b>Subárea del Proyecto</b>	Ingeniería Eléctrica: Electrónica, Telecomunicaciones, y sus derivadas
<b>Tipo de Proyecto</b>	Proyecto de Investigación	<b>Subtipo de Proyecto</b>	Investigación Terminada
<b>Grado</b>	IX SEMESTRE	<b>Programa Académico</b>	INGENIERIA MECATRONICA
<b>Email</b>	jpalacio@uac.edu.co	<b>Teléfono</b>	3021405 - 3006880608

**Información específica**

**Introducción**

Se presenta la evaluación y resultados térmicos de cocinas tipo cajas, realizadas con el objeto de comparar diversos factores constructivos de las mismas. Para ellos se dispuso de cuatro cocinas en donde se combinaron dos materiales de placa y dos materiales que sirven como aislante, se sometieron a radiación solar directa calentando la placa colectora y también placa colectora y agua. De aquí, que el análisis de la información proporciona un buen rendimiento comparable entre cocinas con placa de hierro y aislantes de lana de vidrio y papel periódico compactado, además, de la relación precio-rendimiento, por lo que se recomienda la construcción utilizando materiales que tiene alto rendimiento y bajo precio.

**Planteamiento**

. Se pueden realizar pruebas de optimización de materiales que se utilizan en la construcción de un horno solar. Estos materiales se deben conseguirse a muy bajo precio en el medio local, pues sino, no se conseguiría el objetivo social del proyecto. Esta optimización de factores constructivos y operativos se hizo mediante el protocolo de la Red Iberoamericana de Cocción Solar de Alimentos.

**Objetivo General**

Dentro del marco del proyecto “Cocción solar, una alternativa de poblaciones emergentes de la ciudad de Barranquilla” se buscó realizar la transferencia en tecnología de cocción solar de alimentos y además probar distintos diseños de hornos solares, el objetivo fue obtener un horno barato, con un diseño que posibilita su fácil construcción y eficiencia comparable a un horno construido con materiales que garantizan su alto rendimiento térmico.

**Objetivos Específicos**

Dentro del marco del proyecto “Cocción solar, una alternativa de poblaciones emergentes de la ciudad de Barranquilla” se buscó realizar la transferencia en tecnología de cocción solar de alimentos y además probar distintos diseños de hornos solares, el objetivo fue obtener un horno barato, con un diseño que posibilita su fácil construcción y eficiencia comparable a un horno construido con materiales que garantizan su alto rendimiento térmico.

**Referente**

La energía solar puede ser utilizada para calentar por vía térmica un recipiente con el fin de lograr la cocción de alimentos. Las temperaturas necesarias para lograr el efecto dependerán del tipo de cocción utilizado. Ellas se pueden alcanzar a través de distintas tecnologías solares tales como el uso de concentradores, la utilización de cajas aisladas para la captación de la energía solar, el uso de colectores planos con y sin acumulación y otros. En términos medios, una cocina solar permite obtener alrededor de 1 KW por cada 2 m2 de superficie de captación con un rendimiento en el orden del 50%. Los sistemas para uso familiar suelen usar superficies en el orden del metro cuadrado. La temperatura alcanzada depende de la tecnología usada y propósito buscado, oscilando entre los 100 y los 220 °C. La energía recogida es utilizada en lograr el calentamiento hasta llegar a la temperatura de trabajo, consumiendo en el orden del 20% del total, en alimentar las pérdidas térmicas, usando cerca del 45% del total, y en la vaporización del agua, consumiendo alrededor del 35%. Aunque las cocinas solares han sido conocidas desde hace tiempo, no han logrado aún una difusión masiva en la región debido a distintas causas entre las cuales se pueden mencionar: • Han existido problemas culturales y sociales que dificultan su adopción. Es necesario adaptarse a condiciones distintas de las prácticas tradicionales que usan cocinas con leña o derivados de los hidrocarburos. Su uso correcto requiere pasar por una etapa de entrenamiento. • Su uso puede no satisfacer todas las necesidades ya que no funciona en horas nocturnas y no estará disponible en días nublados. Es necesario planificar el uso combinado de la misma con métodos de cocción tradicionales. • La atención sobre esta tecnología ha aumentado recientemente dado que constituye una solución factible en zonas rurales para el consumo excesivo de leña, que está produciendo efectos ambientales muy adversos en nuestra región, dando lugar a procesos serios de desertificación. En 1994 se organizó un grupo de trabajo formado por profesionales de 13 países de la región en ocasión a la realización del Congreso Mundial de Cocción Solar en Costa Rica. El mismo trabaja en el perfeccionamiento de diversos modelos de cocina y en la generación y difusión de metodologías adecuadas para vencer las barreras culturales asociadas al uso de una nueva tecnología. La acción de este grupo se ha llevado adelante con dificultad debido a la falta del apoyo necesario. Las redes temáticas encaradas a través del CYTED proveen una forma de trabajo muy bien adaptada a las acciones de cooperación horizontal requeridas por esta tecnología. El procedimiento técnico de los ensayos incluye las siguientes etapas: • Descripción física de la cocina. • Verificación de aspectos ergonómicos y de seguridad. • Calidad de materiales y evaluación del mantenimiento. • Ensayos para evaluar el comportamiento térmico.

**Metodología**

Se construyeron cuatro hornos solares de carga superior combinando placas colectoras de chapa de hierro y chapa de aluminio pintadas de negro mate (Nandwani, 2006). También se combinó en las cuatro, dos pulgadas de aislante de lana de vidrio y en otras se utilizó una capa delgada de lana de vidrio y hojas de papel periódico compactado a fin de completar las dos pulgadas de aislación. Para la cobertura externa se eligió madera terciada y las cubiertas fueron fabricadas de un marco de madera con uno o dos capas de vidrio de 0,004 m de espesor. En caso de que la cubierta estuviese constituida por dos vidrios, la distancia entre ellos se estableció en 0,01 m para evitar pérdida convectiva. Todas las cocinas presentan un área de apertura de  $0,45\text{ m} \times 0,54\text{ m} = 0,24\text{ m}^2$ , el área colectora es de chapa de hierro o aluminio pintadas de negro mate con  $1,15\text{ m}^2$  de área de placa. El peso de las cocinas fluctúa según de la combinación placa colectora aislante, pudiendo tener entre 5 kg cuando se trata de aluminio con lana de vidrio y 10 kg cuando se trata de hierro con papel periódico compactado. Evidentemente todas son transportables. Las dimensiones de las cajas se establecieron de tal manera de que la inclinación de la cubierta sea la latitud del lugar (aprox.  $11^\circ$ ), de manera cada una de ellas tiene 0,62 m de frente, 0,51 m de fondo y 0,40 m de alto promedio. El volumen del interior de las cocinas es  $0,53\text{ m} \times 0,33\text{ m} \times 0,35\text{ m} = 0,06\text{ m}^3$ . Por supuesto, se dispuso de que las ollas o utensilios para la cocción fuesen removibles y que no estuviesen provistos junto con las cocinas. No se dispuso el calentamiento por otra fuente y para hacer la comparación no se dispone de superficies reflectantes. No hay acceso directo a las ollas; solo se puede realizar por la parte superior de las cocinas. Por la calidad del cerramiento de las cubiertas (realizado con goma de sellamiento de puertas de heladeras, adherida al marco de madera y reforzada con clavos) y que la tensión de las gomas de cierre no es elevada, se previó una significativa seguridad intrínseca al sobrecalentamiento. Las cocinas fueron diseñadas solamente para preparar alimentos y no tuvo en cuenta la posibilidad de almacenar agua caliente. PRUEBAS TÉRMICAS Los ensayos se realizaron entre el 15 de noviembre de 2009 y el 15 de abril de 2010, teniendo en cuenta la latitud y el clima del lugar, pues en este periodo se dispone de días sin mucha nubosidad (debido a que las lluvias están ausentes pues se esta fuera de temporada de huracanes en el Caribe), pero como contraparte se dispone de abundancia de vientos alisios, por lo tanto los ensayos se realizaron en un patio cerrado que permitió el resguardo de las cocinas. La temperatura ambiente en todas las pruebas osciló entre los  $28$  y los  $33\text{ }^\circ\text{C}$ . Por estar cerca del ecuador, el mediodía solar no fluctúa mucho respecto del mediodía oficial. Se realizaron dos tipos de pruebas para medir el comportamiento térmico de las cuatro cocinas (Mealla Sánchez et al. 1999). Un primer grupo de pruebas tuvo como objetivo medir la relación entre la energía colectada a través de la cubierta y las pérdidas térmicas de tipo convectivo y radiativo. Estas pruebas se realizaron en vacío (sin ollas) y cada una de las cocinas se evaluó con simple y doble cubierta de vidrio. Un segundo grupo de pruebas se realizó con agua, manteniendo la proporción de seis litros por metro cuadrado de área de apertura. Para todas las cocinas se trabajó con 1,43 litros de agua precalentada a  $40\text{ }^\circ\text{C}$  en ollas de aluminio pintadas de negro mate, de 20 centímetros de diámetro y 25 centímetros de altura. Se intentó comparar la potencia utilizada en la cocción con las pérdidas al ambiente. Se midieron parámetros como el tiempo en que la olla alcanza los  $80^\circ\text{C}$  y el tiempo en que retiene esa temperatura una vez que se deja la cocina sin operador. En todas las pruebas se procedió a reorientar las cocinas cada quince minutos a fin de tener siempre radiación normal al plano de la cubierta, pero como el sitio se encuentra en una latitud próxima al ecuador, la necesidad de reorientar más aún cerca del medio día solar no fue tan evidente en el periodo en que se eligió. Para cada prueba individual se repitió en días sucesivos al menos dos intentos. EQUIPO DE MEDICION: Se midieron varias temperaturas utilizando termocuplas tipo "K" (cobre - constantan), un datalogger de ocho canales análogos y un solarímetro de tipo semiconductor. En todas las cocinas se midió la temperatura de placa adhiriendo una termocupla en la cara opuesta a la placa que recibe radiación. Se midieron, además, dos temperaturas en las ollas: una a un centímetro por encima de la base y la otra a un centímetro por debajo de la superficie de agua. Las termocuplas para esta medida se introdujeron por orificios en la tapa e ingresaron a la cocina por la parte superior, entre el borde y la cubierta. La temperatura ambiente se registró a la sombra, aislando la punta de la termocupla con una esfera agujereada de papel aluminio. La radiación fue medida ubicando el medidor con una inclinación similar al de las cubiertas de las cocinas (aprox.  $11^\circ$ ) y se reorientó al mismo tiempo que se reorientaban las cocinas, así se aseguró la medida de la radiación normal al plano de la cubierta. El intervalo de medición para todos los instrumentos fue de seis minutos, pues la configuración del solarímetro solo tiene ese intervalo cercano a los diez minutos.

### Resultados Esperados

Con relación las medidas de calentamiento de placa sin ollas en el interior de la cocina, el objetivo fue medir la relación entre la eficiencia óptica de las cocinas y los coeficientes globales de pérdida. Se midió desde las 9 hasta las 13 horas temperatura de placa en las cuatro cocinas, temperatura ambiente y radiación en el plano normal. Cada cocina se evaluó con cubierta de vidrio simple y doble. Claramente se observó la rápida respuesta de la temperatura de placa con los cambios en la radiación. Para comparar la relación entre la energía recibida por la placa y las pérdidas térmicas convectivas y radiativas se utiliza el modelo propuesto por Castell et al. (1999) donde se propone que la masa de la placa no acumula energía. Se utiliza la siguiente relación: Se observó que en el modelo propuesto existe una relación lineal entre el salto de temperatura y la energía recibida por la cocina, por lo tanto se realizan ajustes lineales para encontrar el cociente entre la eficiencia óptica de la cocina y las pérdidas térmicas resultando ésta como la pendiente de la ecuación. Después, se procedió a realizar ensayos con agua, para medir la potencia de cocción acumulada en el líquido de prueba y cómo ésta se veía influenciada por las pérdidas hacia el ambiente a través de la cubierta y los laterales. Castell et al. (1999) propone un modelo donde se acumula energía únicamente en el líquido de prueba, y la única fuente de energía es la que llega a través de la cubierta y las pérdidas se reflejan en un coeficiente global. La ecuación muestra lo enunciado por el modelo. El análisis propuesto por Castell et al. (1999) sugiere comparar la potencia de cocción acumulada por el líquido de prueba pero estandarizada por la radiación solar standard y por el cociente con la radiación observada durante la prueba. Para esto, se realizaron varios ensayos donde se procedió a precalentar las cocinas a las 9:00 horas y se colocaron 1,43 l de agua a las 11:00 y se reorientaron hasta las 13:00 cada 15 minutos. Después se dejaron en la última posición y se midió la temperatura hasta las 17:00 aproximadamente. Los datos se manejaron según lo sugerido por Castell et al. (1999). El parámetro de ajuste lineal mide la relación entre la potencia de cocción standard y la diferencia de temperatura; además de eso se debe observar el valor de esta potencia para cuando la diferencia de temperatura tiene un valor de  $50\text{ }^\circ\text{C}$  y el tiempo en minutos para alcanzar una diferencia de temperatura de  $80\text{ }^\circ\text{C}$ .

### Conclusiones

Después de analizar la información disponible se puede concluir lo siguiente:

- De los resultados de calentamiento simple, es decir la cocina sin olla, se concluye, analizando los valores del coeficiente relativo ( $\eta_{0/UL}$ ), cociente entre la eficiencia óptica de la cocina y las pérdidas térmicas, que definitivamente las cocinas de chapa de aluminio pintada de negro con cubierta conformada con un solo vidrio presentan más pérdidas que ganancias, es decir, en vacío se enfrían muy fácilmente.
- El resto de las cocinas, presenta pérdidas más pequeñas comparadas con la ganancia. En especial las cocinas de chapa de hierro con cubierta simple que presentan un coeficiente de valor comparable con las cocinas de chapa de aluminio con cubierta doble, y que comparativamente los precios de las chapas de metal presentan en el mercado el mismo valor, el rendimiento de las cocinas con chapa de hierro y una sola cubierta presenta un rendimiento térmico parecido.
- Las cocinas de chapa de hierro con doble cubierta presentan una mayor ganancia comparada con las pérdidas, la cual se esperaba en el momento en que se diseñaron las pruebas de campo. Si analizamos los resultados de carga, se observa que:
  - El coeficiente de ajuste entre la potencia standard y la diferencia de temperatura demuestra que si se tiene poca variación de la potencia en función de la diferencia de temperatura entre el líquido de prueba y el ambiente, la pérdida de calor hacia el ambiente es menor, por lo tanto las dos cocinas de chapa de aluminio con doble cubierta presentan una pérdida menor. Las que le siguen en orden son las de hierro con cubierta doble. Al final todas las cocinas de cubierta simple presentan un coeficiente cercano a la unidad. La de peor coeficiente es la de hierro con papel compactado y cubierta simple. Desde este punto de vista, la de más pérdidas es esta.
  - En cambio, si analizamos el valor de la potencia standard para un valor de diferencia de temperatura igual a 50 °C, se observa que las de mayor valor son las cocinas de aluminio con cubierta doble, seguidas por las de aluminio con cubierta simple. Un poco más abajo siguen las de hierro con cubierta doble y muy por abajo están las de hierro con cubierta simple.
  - Si analizamos el tiempo en que las cocinas con carga mantiene la temperatura por encima de la temperatura de cocción, encontramos que las cocinas de aluminio con cubierta simple mantienen la temperatura de cocción por el lapso de entre 2,5 a 3 horas. En segundo lugar, las cocinas de aluminio con cubierta doble mantienen la temperatura de cocción entre dos y 2,5 horas. Las cocinas de hierro con doble cubierta mantiene alrededor de dos horas la temperatura de cocción por encima del límite. Al final las cocinas de hierro con cubierta simple solo mantienen la temperatura por encima del límite por un lapso entre una hora y una hora y media. El gasto de construcción y materiales de cada una de las cocinas, es de aproximadamente entre 30 US\$ para las cocinas de chapa de hierro o aluminio con papel compactado y una sola cubierta y de 50 US\$ para las mismas cocinas pero con cubierta doble. Así mismo las cocinas de chapa de hierro o aluminio con lana de vidrio aproximadamente cuestan 40 US\$ si tiene cubierta simple y 60 US\$ si tiene doble vidrio en la cubierta. Ante estos datos, comparando precio y rendimiento térmico en vacío, las cocinas de chapa de hierro con cubierta simple son las que mejor desempeño presentan. En cambio, si analizamos los resultados de las pruebas con agua concluimos que las cocinas de aluminio con cubierta simple presentan un mejor rendimiento, por encima de las cocinas de hierro con cubierta doble. Por lo tanto, se recomiendan por precio y rendimiento las cocinas de chapa de aluminio pintadas de negro, aplicándole cubierta simple. Desde el punto de vista del marco de los objetivos del proyecto en el que fueron construidas y probadas las cocinas, se recomienda el uso de aislante térmico construido a partir de periódico compactado, pues abarata en gran medida los gastos de construcción de los hornos solares. Una segunda etapa del proyecto contempla la realización de pruebas con más líquidos de prueba y la incorporación de superficies reflectoras a fin de aumentar la ganancia en energía recibida.

**Bibliografía**

L. Mealla Sánchez, F. Tilca y V. Passamai (1999). Evaluación de dos cocinas tipo caja con la propuesta standard de la Red Iberoamericana de cocción solar de Alimentos (RICSA). Revista Averma 3, 2, 57-60. M. E. de Castell, A. Finck Pastrana, M. Collares Pereira, L. Vázquez y A. Esteves (1999). Propuesta de procedimiento para la evaluación del comportamiento térmico de cocinas y hornos solares. Revista Averma 3, 2, 133-135. Shyam S. Nandwani (2006). Experiencia personal de 25 años con la transferencia tecnológica de cocinas y secadores solares en Costa Rica. Revista Averma 10, 2, 25-30. V. Passamai, V. Javi, M. Passamai, T. Passamai, J. González, A. Mascotto, M. Arias, S. Gündel, J. Alfaro, S. Valdez, F. Salas, M. Adamo, E. Moreira y C. Campos. (2004). Vinculaciones humanas e institucionales a través del uso de la energía solar: la comisaría del menor y las mini cocinas solares. Revista Averma 8, 2, 01-06. Javi V. y Cadena C. (2001). La Transferencia de Cocinas Solares en América Latina: ¿Utopía o Realidad?. Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente. Vol. 5. N° 2, pp. 10.07 - 10.12.

**Integrantes**

¡Actualmente no existen integrantes para este proyecto!

**Instituciones**

**NIT**

8901025729

**Institución**

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL CARIBE