

ISSN: 2322-7672

# **III Encuentro de Investigación Formativa Ingeniería Industrial Medellín**

Memorias

---

Grupo de Investigación en Sistemas  
Aplicados en la Industria (GISAI)



**Universidad  
Pontificia  
Bolivariana**

© xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx

© Editorial Universidad Pontificia Bolivariana

**III Encuentro de Investigación Formativa - Memorias**

ISSN: 2322-7672

Primera edición, 2013

Escuela de Ingenierías

Facultad de Ingeniería Industrial

**Gran Canciller UPB y Arzobispo de Medellín:** Mons. Ricardo Tobón Restrepo

**Rector General:** xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx

**Vicerrector Académico:** Pbro. Jorge Iván Ramírez Aguirre

**Editor:** Juan José García Posada

**Coordinación de producción:** Ana Milena Gómez C.

**Diagramación:** Geovany Snehider Serna Velásquez

**Corrector de estilo:** Monica Patricia Ospina Toro

**Dirección editorial:**

Editorial Universidad Pontificia Bolivariana, 2013

Email: [editorial@upb.edu.co](mailto:editorial@upb.edu.co)

[www.upb.edu.co](http://www.upb.edu.co)

Telefax: (57) (4) 354 4565

A.A. 56006 - Medellín - Colombia

**Radicado:** 1117-22-03-13

Prohibida la reproducción total o parcial, en cualquier medio o para cualquier propósito sin la autorización escrita de la Editorial Universidad Pontificia Bolivariana.

# Diseño y construcción de una cocina solar de concentración

---

**Juan Vicente Echeverry**

**Jorge Alberto Londoño**

**Carlos Arturo Castillo**

**Luis Fernando Mulcue Nieto**

Universidad Católica de Manizales

Colombia

lmulcue@ucm.edu.co

## Resumen

---

En el presente trabajo se describe el diseño y construcción de una cocina solar de concentración. Se tienen en cuenta variables termodinámicas como la cantidad de sustancia a calentar, el calor específico y el calor transferido al sistema. Así mismo se involucran conceptos de la física ondulatoria, tales como la potencia promedio de

radiación o magnitud de vector de pointin y la naturaleza de la superficie reflectante. Por último, se aplican conceptos de cálculo integral para calcular la cantidad de aluminio necesitada en la construcción de la cocina.

## Palabras clave

---

Cocina solar, energía solar.

## Introducción

---

En los últimos años se ha vuelto cada vez más importante el tema de la protección y conservación del medio ambiente. Amenazas naturales como el calentamiento global y el agotamiento de los combustibles fósiles señalan retos para todas las disciplinas de la ingeniería.

Para el ingeniero industrial de la Universidad Pontificia Bolivariana resulta fundamental involucrarse con las distintas tecnologías emergentes de las energías renovables, ya que tienen gran potencial investigativo y de emprendimiento.

La energía solar constituye una fuente inagotable, y una forma de su aprovechamiento consiste en las cocinas solares de concentración. En varios países del mundo, la energía solar se ha empleado como un valioso recurso para disminuir la contaminación y las enfermedades en las poblaciones vulnerables asociadas a los desechos de la combustión.

La gran mayoría de veces que se construye una cocina solar se hace de forma empírica, sin tener en cuenta las variables físicas asociadas al fenómeno, y por esto es necesario la investigación para llevar a cabo el diseño y la construcción de una forma más adecuada.

En el presente documento se muestra una serie de conceptos teóricos que influyen en el funcionamiento de una cocina solar de concentración. También se discute cómo el diseño influye en el costo del material reflectante.

## Parámetros iniciales de diseño

Antes de diseñar una cocinar solar de concentración resulta imprescindible tener en cuenta los siguientes factores:

## Tasa de calentamiento deseado

Se toma en cuenta la sustancia a calentar. El patrón más sencillo para esto resulta ser el agua, por formar parte de la gran mayoría de los alimentos, haciéndola adecuada para realizar cálculos termodinámicos.

En el presente trabajo se toma la densidad del agua como  $1 \text{ g/cm}^3$  y el calor específico como  $1 \text{ Cal/g}^\circ\text{C}$ . Es importante tener en cuenta que para mayor exactitud se puede involucrar la dependencia del calor específico y la densidad con la temperatura y la presión. Sin embargo, esto implicaría un gran aumento en la complejidad del problema. En este trabajo despreciamos las anteriores variaciones y consideramos que están involucradas dentro de la discrepancia entre los valores teóricos y experimentales.

Tomaremos como valores iniciales una masa de 250 ml de agua a temperatura ambiente promedio de Manizales de  $16^\circ\text{C}$  (IDEAM, 2012). El agua se calienta hasta la temperatura de ebullición de  $99^\circ\text{C}$ . Según (Serway, 2000), la cantidad de calor requerido para calentar una masa  $m$  desde una temperatura  $T_i$  hasta  $T_f$  está dada por la ecuación:

$$Q = mc_e (T_f - T_i) \quad (1)$$

Con lo cual obtenemos que el calentamiento deseado es:

$$Q = (200 \text{ g}) \left( 1 \frac{\text{cal}}{\text{g}^\circ\text{C}} \right) (99^\circ\text{C} - 16^\circ\text{C}) = 16600 \text{ cal}$$

Si tomamos en cuenta que  $1\text{cal} = 4.186\text{ J}$ , tenemos que  $Q = 69487.6\text{ J}$ .

Si planeamos que el agua hierva en 30 minutos, podemos calcular la tasa de calentamiento como:

$$\dot{Q} = \frac{Q}{t} \quad (2)$$

Por lo cual obtenemos:

$$\dot{Q} = \frac{69487.6\text{J}}{1800\text{s}} = 38.6\text{W}$$

El anterior dato representa la potencia de calor que la cocina solar debe aportar al agua.

## Eficiencia de la cocina

---

En todo proceso termodinámico hay pérdidas de energía y por consiguiente cada sistema tiene asociada una eficiencia.

Para la cocina solar la eficiencia está influenciada por factores como:

- La pérdida de radiación solar en el calentamiento de la cocina, la cual ocurre por la conducción de calor del material sólido.
- La pérdida de energía involucrada en el aire que está directamente encima de la superficie reflectante. El fenómeno que opera aquí es el de convección del calor. Esta masa de aire calentado asciende por cambio de densidad y el espacio ocupado por este es reemplazado por otra masa de aire frío equivalente.
- La naturaleza reflectante de la superficie. Es la cantidad de radiación reflejada en relación a la incidente. Depende del material del cual se compone y de qué tan lisa es la superficie.

- Las pérdidas de calor en el agua, la cual se encuentra en contacto térmico con el entorno y representa una transferencia de calor por diferencia de temperaturas.

Teniendo en cuenta todo lo anterior, se propone trabajar con una eficiencia del 20%. Esta eficiencia puede ser reconsiderada a la hora de contrastar los datos teóricos con los resultados experimentales. La eficiencia supuesta implica que la potencia de la energía solar que debe incidir en la cocina es aproximadamente de:

$$P = \frac{38.6W}{0.2} = 193W$$

## Intensidad solar incidente

Se sabe que la tierra recibe una cantidad de potencia de radiación solar por unidad de área. A esta se le denomina intensidad de la radiación o irradiancia, y su valor es de  $1336 \text{ W/m}^2$ . Esta magnitud llamada constante solar no es la cantidad recibida en todas las regiones de la tierra, ya que la presencia de nubes hace que la intensidad sea mucho menor.

Para el caso de Manizales según (García, 2012) el valor recibido promedio es de  $169.6 \text{ W/m}^2$ .

## Radio de la cocina solar

Con el dato de la irradiancia en Manizales y la potencia anteriormente calculada, podemos obtener el área efectiva que debe tener la cocina, así:

$$I = \frac{P}{A} \Rightarrow A = \frac{P}{I} = \frac{193W}{169.6 \frac{W}{m^2}} = 1.14m^2$$

El área efectiva plana es circular de radio  $x$ , como se muestra en la siguiente figura:



Fuente: <http://bejomi1.wordpress.com/proyectos-educativos/>

El radio de esta sería de:

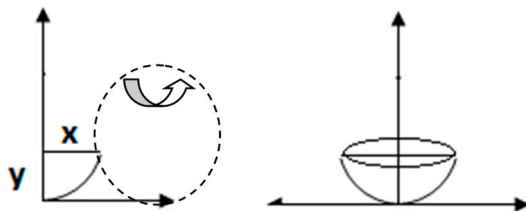
$$A = \pi x^2 \Rightarrow x = \sqrt{\frac{A}{\pi}} = \sqrt{\frac{1.14m^2}{\pi}} = 0.60m$$

## Cantidad de material reflectante

La parte interior esférica de la cocina solar debe ser cubierta con un material que refleje muy bien la luz solar, de tal forma que esta se concentre en el foco. Este material suele ser de vidrio cuando se emplean espejos o un papel metálico como aluminio.

Para calcular el área necesaria de este material se debe emplear el cálculo integral, en el cual suponemos que una porción de circunferencia gira en torno al eje  $y$ , generando una sección de una esfera. Por último, se computa el área de esa superficie de revolución.





Dado que el centro de la circunferencia se encuentra en  $(0,R)$ , la ecuación es:

$$x^2 + (y - R)^2 = R^2$$

Despejando se halla así el radio de la esfera  $R$ , el cual debe ser mayor que el radio del área efectiva plana,  $x$ . Siendo  $y$  la altura de la sección esférica, la cual se toma como 46 cm dado que es adecuada por cuestiones de diseño, luego:

$$R = \frac{x^2 + y^2}{2y} = 62\text{cm}$$

El área de superficie de revolución es:

$$A = 2\pi \int_0^y x \sqrt{1 + (x')^2} dy$$

Reemplazando el valor de  $x$  de:

$$x = \sqrt{R^2 - (y - R)^2}$$

Obtenemos que:

$$A = 2\pi Ry = 2\pi (62\text{cm})(46\text{cm}) = 17910.56\text{cm}^2$$

Esta cantidad es la superficie de aluminio necesaria para hacer la cocina solar. Sabiendo el costo del rollo de aluminio se puede saber cuánto vale fabricar la superficie reflectante de la cocina solar.

Esta cocina se fabricó y se muestra en la siguiente figura:

Figura 3. Diseño propuesto.



Fuente: Autoría propia.

## Conclusiones

---

Se propuso un método sencillo para diseñar una cocina solar de concentración.

Se analizaron y calcularon los principales parámetros del diseño como tasa de calentamiento deseado, eficiencia de la cocina, intensidad solar incidente, radio de la cocina solar y cantidad de material reflectante.

Se aplicaron conceptos de termodinámica, física ondulatoria y cálculo integral para el manejo de variables de importancia de la cocina.

Finalmente, se evidencia la importancia de este diseño propuesto, ya que permite calcular el costo del material reflectante de la cocina. Lo anterior es imprescindible para proyectos de emprendimiento de fabricación de cocinas solares.

## Referencias

---

1. García, Angélica. Colombia País Maravilloso. 2003 (Consultado en septiembre de 2012), <http://www.todacolombia.com/geografia/mapas/maparadiacionsolarcolombia.gif>
2. IDEAM, Climatografía de la principales ciudades. 1999. (Consultado en septiembre de 2012), <http://bart.ideam.gov.co/cliciu/manizal/tabla.htm>
3. Serway, Raymond A. Beichner, Robert J (2000). Física para Ciencias e. Ingeniería, Tomo I. Quinta Edición. McGraw-Hill. No aplica.