

## DISEÑO DE SISTEMA DE UN HORNO ELÉCTRICO CON FLUJO DE AIRE CALIENTE

**Roberto Ezequiel Maya García**

Instituto Politécnico Nacional, ESIME Unidad Culhuacan  
[otebmaya@gmail.com](mailto:otebmaya@gmail.com)

**Rosa Isabel Hernández Gómez**

Instituto Politécnico Nacional, ESIME Culhuacan  
[rosy\\_40@hotmail.com](mailto:rosy_40@hotmail.com)

**Javier Pérez Nájera**

Instituto Politécnico Nacional, ESIME Culhuacan  
[e.entropia.98jpn@gmail.com](mailto:e.entropia.98jpn@gmail.com)

### Abstract

*The implementation of a hot air distribution system to an electric oven of conventional resistance for domestic use, the system consists of a fan that generates the flow of air through a thermal resistance which generates the heat necessary for the operation of the system. The result of the implemented system shows that the heat energy lost by the oven is much greater than that applied to it.*

**Palabras Clave:** Flujo, pérdidas, entalpía, calor y Joule

El proyecto tiene como finalidad la disminución del consumo eléctrico del horno eléctrico de resistencia de uso doméstico mediante la implementación de un sistema para la distribución de aire caliente de forma ascendente. Al eficientar el proceso térmico del horno, el consumo eléctrico de éste disminuirá, beneficiando a los usuarios.

Un estudio realizado por el periódico mexicano Milenio digital, en su artículo ¿Qué aparato consume más luz?

(2016), demuestra que el consumo de un horno eléctrico en promedio es de 1,000 Wh y con un consumo promedio máximo de hasta 2,000Wh lo que es equivalente a tener encendidos de 40 a 80 focos “ahorradores” de 25wh. El consumo eléctrico del país según la Secretaria de Energía, ha aumentado por el uso excesivo de los aparatos. (2016).

El horneado de alimentos es un proceso que requiere suficiente energía calorífica para la transformación física y

química de un cuerpo, por la inducción calorífica en él, el consumo eléctrico generado por una resistencia eléctrica para el proceso puede ser elevado por las pérdidas al ambiente y de las filtraciones. La recirculación del fluido de trabajo logrará que la energía de consumo para transferencia calorífica disminuya, haciendo notable la mejora en el consumo eléctrico y en el proceso térmico.

Ya existe un diseño de horno eléctrico con recirculación, pero a pesar de que el proceso se ha visto beneficiado, el consumo eléctrico no se ha logrado disminuir de forma considerable, ya que sigue siendo un consumo promedio de hasta 2200Wh.<sup>1</sup>

Existen hornos de flujo de aire caliente que se usan en la industria médico quirúrgica, que tienen una eficiencia elevada para su proceso, ya que tienen un sistema más hermético que los de uso alimenticio; de igual forma, tienen un desempeño en la transferencia de calor elevado, logrando un diseño que implementa la eficiencia de un horno de flujo de aire caliente con los requerimientos de un horno eléctrico doméstico, por lo que es posible lograr una mayor eficiencia térmica y disminuir el consumo eléctrico del aparato.

## 1. Propuesta de diseño.

### Principio de funcionamiento

El diseño del horno está basado en el clásico bosquejo de hornos domésticos, la diferencia que presenta es el sistema de distribución del aire caliente en el cual su principal función es brindar el calor del aire, el cual es recibido por una resistencia eléctrica. Tiene, además, un sistema de recirculación de aire, para así disminuir las pérdidas térmicas que pueda presentar el horno.

Para llevar a cabo la implementación del flujo de aire caliente a un horno eléctrico de resistencia, hay que contemplar el flujo de aire caliente requerido para lograr mantener la temperatura deseada, la correcta velocidad del flujo de aire para que la transferencia de calor sea eficiente y las pérdidas térmicas que puede presentar el horno por transferencia de calor en las paredes de éste. De igual forma, se debe contemplar el circuito eléctrico que permitirá el control del sistema a implementar.



Figura 1 Diseño conceptual del horno con sistema de distribución de aire caliente.

<sup>1</sup> Horno eléctrico BGH modelo BHE66M15

### Material seleccionado para la implementación del diseño

- Ventilador axial
- Tubería de cobre
- Resistencia térmica de 1000W
- Dimmer

### 2. Memoria de Cálculo

Determinando el número de Reynolds se obtiene la velocidad de funcionamiento requerida por el sistema.

$$Re_{x,cr} = \frac{\rho V x_{cr}}{\mu} = 5 \times 10^5$$

$$V = \frac{Re_{x,cr} \mu}{\rho x_{cr}}$$

$$= \frac{(5 \times 10^5)(3.024 \times 10^{-5}) \frac{Kg}{m \cdot s}}{0.987 \frac{Kg}{m^3} (0.10)m}$$

$$= 153.19 \frac{m}{s}$$

Una vez conociendo la velocidad, se determina el caudal del ventilador.

$$Q_{ventilador}$$

$$= n(\text{Volumen del ventilador})$$

$$= 2800rpm(0.08 * 0.08$$

$$* 0.025)m^3 \left(\frac{1}{60}\right)seg = 0.007466m^3/s$$

Para la consideración de uso de la resistencia de 1KW se determina la velocidad de funcionamiento del ventilador.

$$Q_{Electrico} = 1.00 KW$$

$$m = \frac{Q_{Electrico}}{(h_f - h_i)} \quad | \quad Q_{ventilador} = \frac{m}{\rho}$$

$$n = \frac{Q_{ventilador}}{(\text{Volumen del ventilador}) \left(\frac{1}{60}\right)s}$$

Tabla 1 Velocidad y Caudal de trabajo del ventilador y temperatura del aire a 25°C y 1 ATM

Temperatura K	Caudal Q $\frac{m^3}{s}$	Velocidad RPM
425	0.00762299	2858.62019
440	0.00683421	2562.82772
455	0.00619336	2322.50877
470	0.00566239	2123.3958
485	0.00521554	1955.82832
500	0.00483383	1812.68707
515	0.00450418	1689.06913
530	0.0042168	1581.30108
545	0.00396374	1486.40198
560	0.00373933	1402.24842
575	0.00353909	1327.15946
590	0.0033591	1259.66186
600	0.00324891	1218.33962

### 3. Elaboración de prototipo

Para el desarrollo del diseño se implementó en el centro de un ventilador metálico de 4" una placa cerámica la cual contiene de forma espiral la resistencia térmica, la cual es sostenida por alambres, de tal forma que coincida con una viga en voladizo.



Figura 2 Diseño de sistema de distribución de aire caliente

Para tener control del flujo de aire, se debe regular el sistema eléctrico que suministra energía al ventilador, y para poder realizar esto, se implementa un *dimmer*, al circuito eléctrico del dispositivo.

Al finalizar, la instalación del sistema se presenta de la siguiente manera.

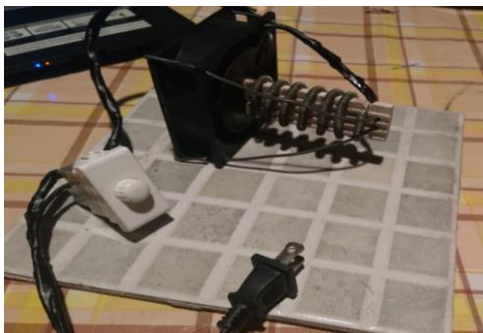


Figura 3 Diseño de distribución de aire caliente

### Pruebas de Funcionamiento

Al momento de conectar el sistema a la corriente eléctrica se percibe que la instalación es correcta; sin embargo, la resistencia al alcanzar cierta temperatura no es la adecuada, se observa que el material que recubre los cables de conexión eléctrica comienza a perder su estado, deritiéndose y prendiéndose en llamas.



Figura 4 Prueba de funcionamiento de ambos sistemas de forma simultanea

Se puede percibir en el punto donde se unen el ventilador y la pieza cerámica, una flama creada por el material.

Por otra parte, el sistema de control de velocidad del ventilador, *dimmer*, no logra disminuir la velocidad parcialmente, únicamente total.

### Observaciones

Se decidió no continuar con la implementación del sistema ya que por las pruebas realizadas se percibió que tiende a un mal funcionamiento y podría causar un daño mayor.

Una posible solución a los inconvenientes que se presentaron podrían ser las siguientes adecuaciones: un cambio de distribución del diseño, en cuanto a la forma de posición de la resistencia térmica, adecuar la distancia entre el ventilador y la cerámica, elección del tipo de ventilador o implementación de un sistema de control para la resistencia térmica que cambie la capacidad de la misma.

En función de los cálculos realizados se establece que las pérdidas que se presentan en el horno vuelven poco viable su construcción, ya que son extremadamente altas en comparación con la energía calorífica que se le está aplicando.

### Conclusiones

Por lo percibido en las pruebas que se realizaron, se puede determinar que el sistema que se planteó no es el correcto para llevar a cabo la implementación del sistema a un horno eléctrico de resistencia.

El sistema eléctrico de control presenta un problema posiblemente debido a la forma de fabricación del ventilador que se ocupó, los ventiladores que podrían funcionar de la manera esperada son fabricados en bases plásticas en su mayoría, y los metálicos sobrepasan las dimensiones apropiadas para trabajar para el diseño.

### Bibliografía

Cengel. (2009). Termodinámica. Obtenido en:  
[https://archive.org/details/TermodinamicaCengel7th\\_201704/page/n5](https://archive.org/details/TermodinamicaCengel7th_201704/page/n5)  
 Cengel, Y. a. (2011). *Transferencia de calor y masa*. México: Mc Graw Hill.  
 Citalsa. (30 de agosto de 2018). Obtenido de <http://citalsa.com/media/talsa-documents/09401978.pdf>  
 Ecured. (05 de septiembre de 2018). Obtenido de [https://www.ecured.cu/Joule\\_\(unidad\)](https://www.ecured.cu/Joule_(unidad))  
*Electrónica Digital*. (5 de septiembre de 2018). Obtenido de <https://sites.google.com/site/misitioelectr>

[oncadigital/home/tareas/voltaje-otension-electrica](http://oncadigital/home/tareas/voltaje-otension-electrica)

Europán. (30 de agosto de 2018). Obtenido de <https://blog.europán.mx/como-funcionan-hornos-de-conveccion>

Grolier, Q. (1966). Tomo V. En A. E. A., *Diccionario Enciclopédico Quillet* (págs. 34,35). Buenos Aires Argentina: Editorial Argentina Arístides Quillet.

Martinez, R. E. (30 de agosto de 2018). Obtenido de <https://patents.google.com/patent/WO2000062621A1/es?inventor=Ruiz+Epifanio+Martinez>

PROMÉXICO. (s.f.). Obtenido de <http://www.promexico.gob.mx/documentos/diagnosticos-sectoriales/electrodomesticos.pdf>

SENER. (s.f.). Obtenido de [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/288692/Balance\\_Nacional\\_de\\_Energ\\_a\\_2016\\_\\_2\\_.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/288692/Balance_Nacional_de_Energ_a_2016__2_.pdf)

*The culinary institut of america*. (28 de agosto de 2018). Obtenido de [http://www.ciacocina.com/lecciones/identificacion\\_del\\_equipo/tipos\\_de\\_hornos/](http://www.ciacocina.com/lecciones/identificacion_del_equipo/tipos_de_hornos/)