

# ESTUDIO TÉRMICO DE ESTUFA PORTÁTIL PARA CONOCER LA DISTRIBUCIÓN DE CALOR Y LOS ESFUERZOS TÉRMICOS GENERADOS

**Nicolás Guerrero Chávez**

Tecnológico Nacional de México en Celaya

*M1703098@itcelaya.edu.mx*

**Isabel González Freyre**

Tecnológico Nacional de México en Celaya

*12030366@itcelaya.edu.mx*

**Víctor Manuel Sámano Ortega**

Tecnológico Nacional de México en Celaya

*M1703097@itcelaya.edu.mx*

## Resumen

En este artículo, se estudió la distribución térmica y los esfuerzos provocados en una estufa durante su utilización para la cocción, con la finalidad de concluir si el soporte del recipiente, pieza en contacto directo con la flama, se ve afectada por dichos esfuerzos, mediante simulación en el software ANSYS, el resultado de la simulación dado para la temperatura se corroboró, haciendo mediciones sobre la estufa, con el fin de validarlo.

**Palabra(s) Clave:** análisis, deformación, esfuerzo, estufa, térmico.

## Abstract

*In this article, the thermal distribution and the stresses caused in a stove during its use for the cooking were studied, in order to conclude if the support of the container, piece in direct contact with the flame, is affected by these efforts, through simulation in the ANSYS software, the result of the simulation given for the*

*temperature was corroborated, making measurements on the stove, in order to validate it.*

**Keywords:** *analysis, deformation, strain, stove, thermal*

## **1. Introducción**

El calor es una energía de transición a través de la frontera de un sistema, que no se puede identificar con una fuerza mecánica que actúa a lo largo de una distancia. El calor aparece en un proceso cuando hay alguna diferencia de temperatura entre el sistema y sus alrededores. La dirección de transición de energía siempre es hacia la zona de menor temperatura. El calor saldrá de un sistema si el sistema está más caliente que sus alrededores; si es más frío, el calor entrará al sistema hasta que se alcance el equilibrio térmico [1].

El estudio de esfuerzos provocados por deformaciones causadas por la expansión del material debido a un incremento de temperatura es de gran importancia para el diseño de elementos. Una estufa no es la excepción, los soportes de los recipientes son piezas que se encuentran directamente influenciados por la flama, por lo tanto, están expuestas a altas temperaturas. Se pretende realizar pruebas a una estufa, midiendo la temperatura en distintos puntos del quemador y adquirir la lectura de los valores mediante una placa Arduino, para conocer la distribución de calor y así determinar mediante una simulación, empleando el software ANSYS, los esfuerzos provocados por las deformaciones y la distribución de calor y una comparación de los valores en simulación con los obtenidos durante las pruebas.

## **2. Métodos**

La estufa usada para este estudio térmico, modelación y simulación fue una estufa portátil de gas LP que se muestra en la figura 1, fue modelada en el software SolidWorks.

La estufa en sí tiene múltiples componentes, pero para el estudio, sólo se consideró la parte que está en contacto con la flama, en este caso es el soporte que sostiene el recipiente que contiene los alimentos para su cocción, figura 2.



Figura 1 Estufa modelada en SolidWorks.



Figura 2 Soporte del recipiente de alimentos.

Dependiendo de la marca y tipo de estufa, puede cambiar el material con el que está fabricado el soporte de la figura 2, en este caso, la pieza está hecha de acero [2], como no está especificado que tipo de acero en los datos del fabricante, se tomó como material el acero estructural propuesto por ANSYS. En la tabla 1 se muestran algunas de las propiedades del acero.

Tabla 1 Propiedades del acero estructural propuesto por ANSYS.

Propiedad	Valor	Unidad
Densidad	7850	Kg/m <sup>3</sup>
Coeficiente de expansión térmica	1.2E-05	°C <sup>-1</sup>
Resistencia a la tracción	2.5E+08	Pa
Resistencia a la compresión	2.5E-08	Pa
Límite de elasticidad	4.6E+08	Pa

El primer paso para realizar el estudio, fue la realización de las pruebas de temperatura, el experimento consistió en encender la estufa a fuego máximo durante un tiempo de 10 minutos, figura 3.

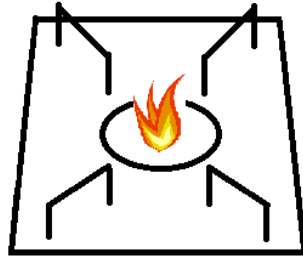


Figura 3 Estufa encendida durante 10 minutos.

Pasado ese tiempo, se apagó el dispositivo y se realizaron las mediciones de temperatura en los puntos de interés mostrados en la figura 4.

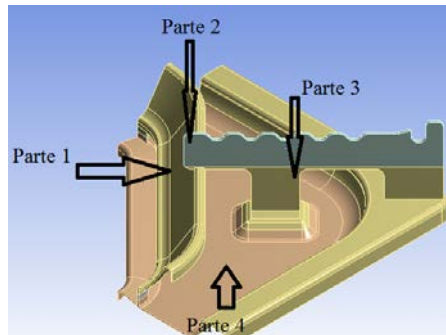


Figura 4 Puntos de interés para medición de temperatura.

Para las mediciones se utilizó un sensor de temperatura LM35 conectado a una placa Arduino que adquiriría los valores, los desplegaría en el monitor y los almacenaba en un archivo de texto. La figura 5 muestra el esquema del programa utilizado para tal fin.

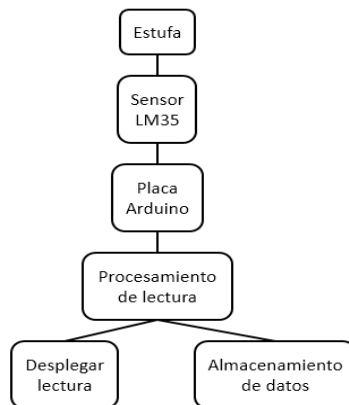


Figura 5 Esquema de la adquisición y almacenamiento de temperaturas.

Posteriormente se dejó enfriar el sistema hasta condiciones ambientales. Se repitió la prueba cinco veces para obtener un promedio final de temperatura para cada área de interés.

Por otro lado para llevar cabo la simulación de los efectos de la temperatura, primero se exportó la pieza modelada a ANSYS Workbench, para preparar la geometría. Como la pieza de interés es simétrica, basta con analizar un cuarto de la misma, tal como se aprecia en la figura 4.

En el siguiente paso se realizaron tres distintos cortes sobre la figura, debido a que, por los múltiples cambios de sección resulta muy complejo realizar un mallado sin emplear cortes en la geometría; la figura 6 muestra los distintos cortes hechos sobre la pieza.

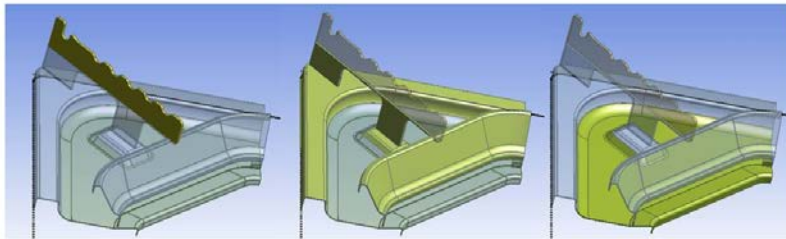


Figura 6 Cortes realizados en la geometría de la pieza.

Una vez realizados los cortes, se procedió a realizar un mallado de la pieza como se muestra en la figura 7.

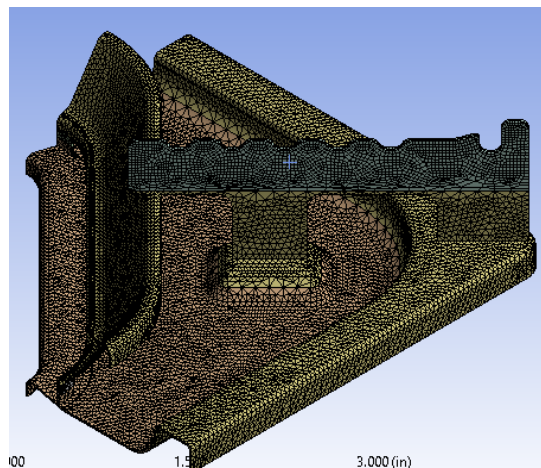


Figura 7 Mallado de la pieza.

## Análisis térmico

Para comenzar con el análisis térmico se le aplicaron dos convecciones en la geometría resultante de nuestra pieza.

La primera convección fue de 22 °C, que representa la temperatura ambiente, con un coeficiente de  $5.6e-6 \text{ W/mm}^2$ , figura 8.

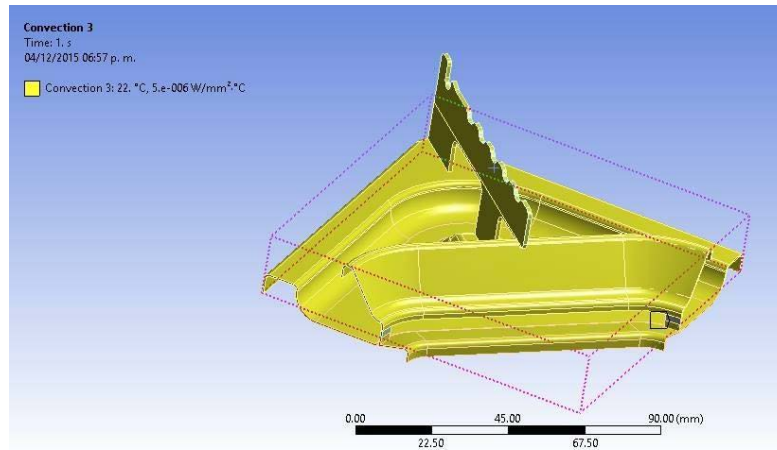


Figura 8 Primera convección a 22 °C.

La segunda convección fue de 545 °C, que representa la temperatura de la flama [3], y  $5.6e-6 \text{ W/mm}^2$ , pero ahora aplicada a la cara seleccionada como se observa en la figura 9, ya que ésta cara es la que se encuentra más próxima a la flama.

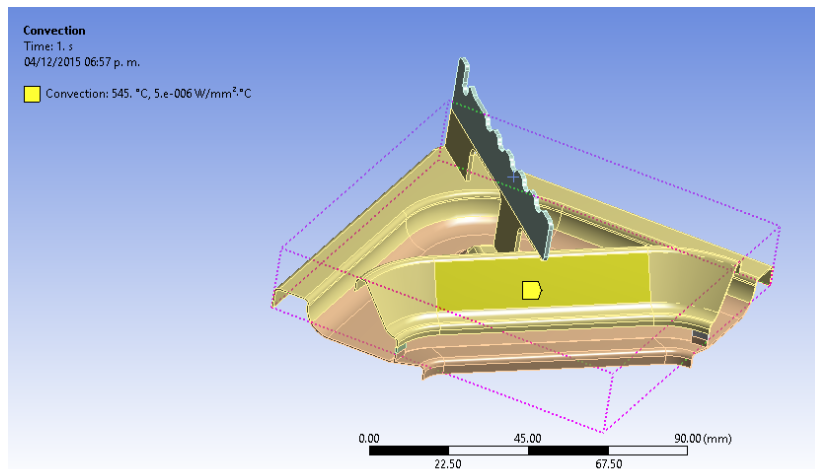


Figura 9 Segunda convección a 545 °C.

### Análisis estático estructural

Posteriormente, en el esquema de proyecto se agregó un módulo para un análisis estático estructural en campo acoplado con los resultados obtenidos del estudio anterior, para determinar los esfuerzos presentados en la pieza causados por las deformaciones, consecuencia de los cambios de temperatura.

Finalmente fue necesario configurar las restricciones del análisis, la pieza no está sometida a ninguna carga, por lo que sólo es necesario agregar un fixed support en la base, como se observa en la figura 10.

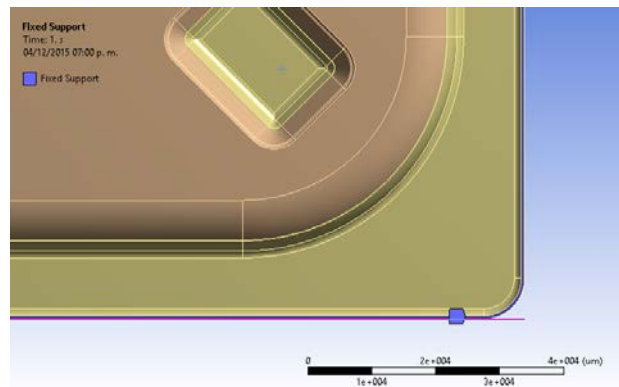


Figura 10 Restricción del análisis estático estructural.

### 3. Resultados

La figura 11 muestra el resultado de las temperaturas en el soporte, arrojado por el estudio térmico, con los colores característicos del entorno de ANSYS.

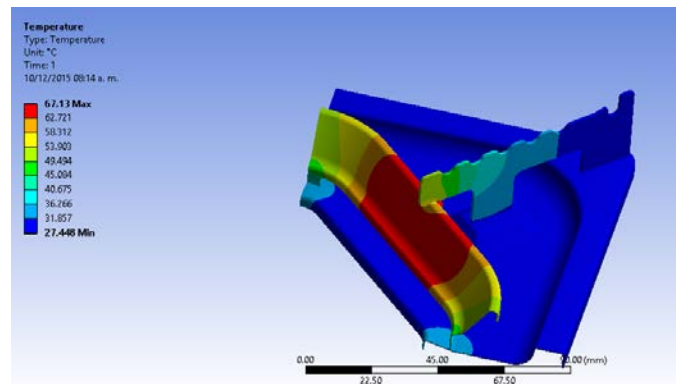


Figura 11 Resultado del análisis térmico.

El resultado arrojó áreas de temperatura que van desde los 27.448°C, para las zonas más frías, hasta 67.13°C. La escala de los resultados puede observarse con más detalle en la figura 12.

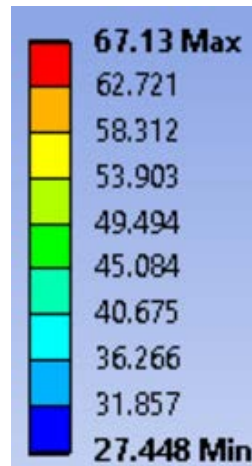


Figura 12 Escala de los valores obtenidos en el análisis térmico.

Por otro lado, para determinar las temperaturas en el soporte, se realizó el experimento descrito en el desarrollo un total de cinco veces y después, el resultado a reportar se ajustó al promedio de todos los experimentos. Los resultados obtenidos de las pruebas experimentales pueden observarse en la tabla 2.

Tabla 2 Resultado de las pruebas experimentales de las temperaturas en el soporte.

Punto	Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3	Prueba 4	Prueba 5	Promedio
Parte 1	64.2	64.25	64.18	64.23	64.21	64.21
Parte 2	48.12	48.15	48.05	48.1	48.18	48.12
Parte 3	31.96	32.08	32.1	32.05	32.07	32.05
Parte 4	28.12	28.03	27.98	28.09	28.02	28.05

Otro resultado obtenido es el referente a las deformaciones presentes en el soporte, arrojado por el análisis estructural de campos acoplados, los resultados para esta variable pueden apreciarse en la figura 13.



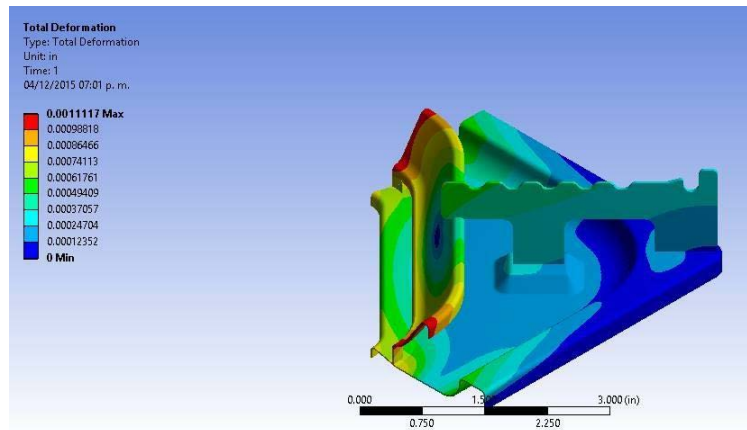


Figura 13 Resultado del análisis estructural para las deformaciones.

Para esta variable al análisis reportó valores mínimos de 0 y máximos de 0.0011117 pulgadas.

Finalmente, se extrajo del análisis estructural el valor para los esfuerzos de Von-Mises. Este resultado se aprecia en la figura 14. Para esta variable se obtuvieron valores de 0.048407 a 19391 psi.

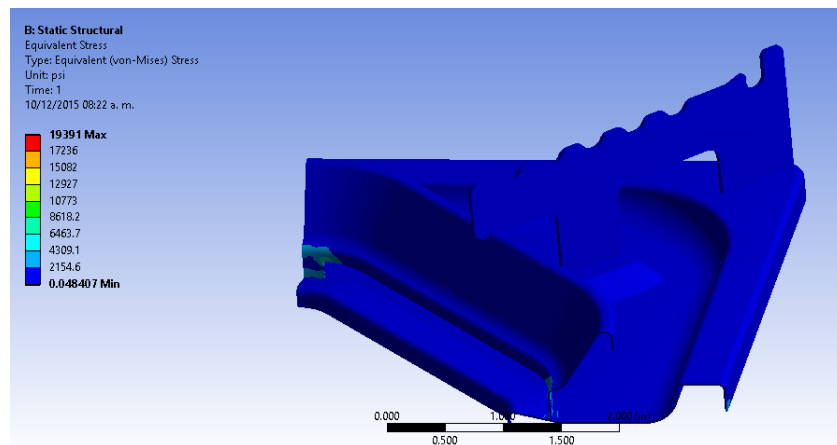


Figura 14 Resultado del análisis estructural para el esfuerzo de Von-Mises.

#### 4. Discusión

Al comparar las áreas de temperatura del análisis térmico, asignando su valor según la escala de colores, con las temperaturas obtenidas de la experimentación se observó una buena correspondencia, con errores de entre 1 y 3 °C. Aun cuando no se encontró en la bibliografía consultada el material del que en

concreto se fabrica la pieza de interés, los resultados obtenidos presentaron una buena correspondencia con la realidad, según la comparativa sobre los resultados del análisis térmico, por lo que en general los resultados son fiables. Lo anterior considerando que, el resultado del análisis térmico depende en gran parte del material asignado al soporte y sus propiedades, se puede tener cierto nivel de confianza en los resultados del análisis estructural, pues en este caso también se depende en gran medida de las propiedades del material asignado.

Si bien el estudio del esfuerzo, presentado en el soporte, arrojó grandes valores para ésta variable, la región que presenta los valores altos es despreciable; por lo que los valores pertinentes para la evaluación del efecto del esfuerzo se pueden reducir a magnitudes en torno a 0.048407 psi.

El valor encontrado para el esfuerzo no representa una posibilidad de falla debido a las deformaciones térmicas presentadas, se puede decir entonces que la pieza analizada no es susceptible de fallar debido a efectos térmicos.

## **5. Bibliografía y Referencias**

- [1] Rolle, K. C., (2005), *Termodinámica*, Prentice-Hall.
- [2] TRUPER, (2012), Estufilla portátil con encendido electrónico, para lata 1/4 de vuelta. [https://www.truper.com.mx/CatVigente/img/modulos\\_gr/24313.gif](https://www.truper.com.mx/CatVigente/img/modulos_gr/24313.gif).
- [3] Facultad de Química e Ingeniería Química de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Mechero de Bunsen y estudio de la llama. <http://tenttiarkisto.fi/media/exams/6798.pdf>