

## Análisis térmico de disipadores de calor en SolidWorks empleando diferentes configuraciones de aletas

### Analysis of thermal heat sinks under different types of fins using SolidWorks

José L. Rodríguez-Muñoz <sup>a</sup>, Luis A. Peña-Hernández <sup>b</sup>, José S. Pacheco-Cedeño <sup>c</sup>, José de J. Ramírez-Minguela <sup>d</sup>, José G. Balcázar-García <sup>e</sup>

---

#### Abstract:

The microprocessor is a device used in computers to process information and execute its programs, from its operating system to the applications that the user performs, such as: machine language instructions, arithmetic and logical operations and access to computer's memory. For its correct working, it is necessary to reject energy from the microchip to the surroundings throughout the use of heat sinks, which consist of an aluminum plate where extended surfaces are used to improve the heat transfer area. Among the heatsinks that are available in the market, are the square fin heatsinks. For this reason, the aim of this paper is analyzing thermally the heat dissipation process in a computer-microchip using SolidWorks software. Furthermore, the thermal heat behavior of the square-finned is studied and the results obtained from temperature distribution are compared with those values obtained for four alternative fins configurations: 1) heat sink with rectangular fins, 2) heat sink with triangular fins, 3) heat sink with parabolic fins and 4) heat sink with circular fins.

#### Keywords:

Thermal analysis, SolidWorks, Heat sink, Fins, Microchip

---

#### Resumen:

El microprocesador es un dispositivo empleado en las computadoras para procesar información y ejecutar todos sus programas, desde su sistema operativo hasta las aplicaciones que el usuario realiza, como son: instrucciones de lenguaje máquina, operaciones aritméticas y lógicas y acceso a la memoria de la misma. Para su correcto funcionamiento, es necesario liberar energía desde su interior hacia los alrededores y una manera de lograrlo, es mediante el uso de disipadores de calor, los cuales consisten de una placa fabricada de aluminio en el que se colocan superficies extendidas y de esta manera, mejorar el área de transferencia de calor. Dentro de los disipadores que se encuentran disponibles en el mercado, son los disipadores de aletas cuadradas. Por tal motivo, en este trabajo se presenta el análisis térmico del proceso de disipación de calor en un microprocesador mediante el uso de software SolidWorks. El trabajo tiene como objetivo analizar el comportamiento térmico del disipador de calor de aletas cuadradas y los resultados obtenidos de distribución de temperatura y los valores obtenidos para cuatro alternativas de configuraciones de aletas: 1) disipador de calor con aletas rectangulares, 2) disipador de calor con aletas triangulares, 3) disipador de calor con aletas parabólicas y 4) disipador de calor con aletas circulares.

#### Palabras Clave:

Análisis térmico, SolidWorks, Disipador de calor, Aletas, Microprocesador

---

### Introducción

El disipador de calor es un tipo de intercambiador de calor, empleado para extraer el calor de una región de

alta temperatura y liberarlo a una región de baja temperatura.

Específicamente en los equipos de cómputo, existe la necesidad de liberar la energía del sistema de procesamiento de datos (Microprocesador) y mantenerlo

---

<sup>a</sup> Autor de Correspondencia, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, <https://orcid.org/0000-0002-4108-9414>, Email: [jose\\_rodriguez@uaeh.edu.mx](mailto:jose_rodriguez@uaeh.edu.mx)

<sup>b</sup> Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, <https://orcid.org/0009-0001-7583-390X>, Email: [pe352968@uaeh.edu.mx](mailto:pe352968@uaeh.edu.mx)

<sup>c</sup> Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, <https://orcid.org/0000-0002-3400-518X>, Email: [sergio\\_pacheco@uaeh.edu.mx](mailto:sergio_pacheco@uaeh.edu.mx)

<sup>d</sup> Universidad de Guanajuato, <https://orcid.org/0000-0003-1921-5864>, Email: [jdj.ramirezminguela@ugto.mx](mailto:jdj.ramirezminguela@ugto.mx)

<sup>e</sup> Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, <https://orcid.org/0009-0000-1167-2521>, Email: [josegb@uaeh.edu.mx](mailto:josegb@uaeh.edu.mx)

en perfectas condiciones de operación. En el mercado existen dos tipos de disipadores de calor: activo y pasivo. Los disipadores activos se caracterizan por tener un sistema externo que permite mover el aire de forma forzada de una manera más efectiva, los cuales se les conoce como ventiladores. Sin embargo, el uso de ventiladores como sistemas de enfriamiento resultan ser más costosos, suelen ser más compactos, aunque representan una mayor inversión que los disipadores de calor pasivos. Por otro lado, los disipadores de calor pasivos, liberan energía de forma libre por lo que no requieren de partes móviles para su funcionamiento, como comúnmente ocurre en los disipadores activos.

El proceso de transferencia de calor en los disipadores de calor se produce en la superficie del material y para reducir su efecto, es necesario la incorporación de aletas en su superficie e incrementar la efectividad del componente. La incorporación de superficies aletadas es una de las opciones viables para mejorar el proceso de transferencia de calor, reducir los efectos o daños producidos por el sobrecalentamiento y minimizar los cambios abruptos de temperatura. Por lo tanto, seleccionar materiales con alta conductividad térmica, bajo coeficiente de expansión térmica y bajo costo puede ser una alternativa viable para este tipo de aplicaciones (Harper, 2005).

Para el análisis de este tipo de dispositivos, es necesario basarse en la Ley Cero de la Termodinámica o principio de generalización del equilibrio térmico entre cuerpos en contacto, la cual establece que dos materiales se encuentran en equilibrio térmico cuando alcanzan la misma temperatura (Cengel y Boles, 2015). En base a lo anterior se han realizado estudios acerca de la transferencia de calor en disipadores de calor en el cual el diseño de aletas es fundamental para mejorar su rendimiento. Garro et al. (2012) mejoraron el diseño de un disipador de calor empleando como herramienta computacional COMSOL Multiphysics. Los autores analizaron tres propuestas de disipadores de calor; 1) Aletas delgadas, canales en la base y aletas cilíndricas, 2) Formada por brazos y aletas de bronce montadas sobre una base de aluminio y 3) Se coloca sobre el procesador de la computadora y encima del disipador. Los resultados muestran que al emplear la configuración 1, se obtiene una disminución de temperatura de 78 K, con respecto a la configuración básica, mientras que al emplear la configuración 2 y 3, la temperatura máxima que el disipador puede operar es de 78.3K y 74 K, respectivamente. También se encontró que la temperatura se reduce con el aumento del número de aletas.

Nava-Arriaga (2018) analizó diferentes tipos de disipadores de calor, así como el uso de diferentes geometrías en la zona de transferencia de calor y flujo del fluido, tratando de lograr siempre una geometría ideal que aumente considerablemente la transferencia de calor. En base a sus resultados, se lograron temperaturas más bajas en la zona de flujo de calor, así como más baja potencia de bombeo, para ahorrar energía en los circuitos integrados del sistema. Barbosa y Hernández (2015) realizaron la búsqueda de nuevas configuraciones de disipadores de calor empleados para altísimos flujos de energía. En base al flujo de calor empleado, Los autores

concluyeron que la geometría tiene un resultado aceptable dentro de los parámetros de operación del procesador y sobre el control de temperatura de la superficie del dispositivo electrónico.

Obregón et al. (2005) realizaron una simulación para evaluar el proceso de transferencia de energía entre un sólido y un fluido. Los autores concluyeron que uno de los principales factores que afecta la transferencia de calor, es la convección natural. Gil (2006) realizó un estudio experimental de un intercambiador de calor del tipo gas-líquido empleado una superficie extendida de tubos con aletas cónicas en el que considera arreglos entre tubos en forma de un triángulo equilátero y otro en forma de triángulo isósceles. Los resultados obtenidos muestran un incremento del 58% cuando se emplea un arreglo triangular equilátero y de 52% al emplear el arreglo triangular isósceles. Por su parte, Argumedo (2010) realizó un análisis numérico del proceso de transferencia de calor por convección natural de una superficie vertical con aletas inclinadas a 45°, en que concluyó que la transferencia de calor por unidad de volumen es mayor al emplear aletas inclinadas de aluminio, en comparación con aletas fabricadas con cobre.

Zhu et al. (2017) realizaron un estudio experimental de un disipador de calor empleando tubos en su interior para un CPU de una computadora. Con esta configuración se determinó que se puede mejorar el proceso de enfriamiento y reducir el consumo de energía cuando el CPU opera a condiciones normales de temperatura. Mientras, Romero (2022) realizó una comparativa entre un disipador de calor con aletas rectangulares y otro con aletas circulares. Para su estudio se empleó aire como medio de enfriamiento para ambas configuraciones. Él concluyó que el espaciamiento entre aletas juega un papel importante durante su procesamiento de enfriamiento, por lo que recomiendan reducir dicho espaciamiento para incrementar la rapidez de transferencia de calor en el sistema.

En este trabajo se presenta el análisis térmico del proceso de disipación de calor en un microprocesador mediante el uso de software SolidWorks. Para el análisis, se toma como base la configuración de aletas cuadradas, la cual es la más empleada de manera comercial en este tipo de dispositivos y los resultados obtenidos de la distribución de temperatura y flujo de calor son comparados con cuatro configuraciones alternativas: 1) disipador de calor con aletas rectangulares, 2) disipador de calor con aletas triangulares, 3) disipador de calor con aletas parabólicas y 4) disipador de calor con aletas circulares.

## Planteamiento del problema

Un disipador es un instrumento que se utiliza para bajar la temperatura de algunos componentes electrónicos y una manera para mejorar el área de transferencia de calor, es el uso de superficies extendidas colocadas sobre la superficie de dicho instrumento (Figura 1). Aunque muchas situaciones que implican efectos combinados de conducción y convección, la aplicación más frecuente es

aquella en la que se emplean superficies extendidas para aumentar la rapidez de transferencia de calor entre un sólido y al aire contiguo, la cual se le conoce como aleta (Incropera y DeWitt, 2001). La conductividad térmica del material de la aleta presenta un fuerte efecto sobre la transferencia de calor, de tal manera que entre mayor sea la conductividad térmica del material, mayor es la rapidez de transferencia de calor, además, se recomienda que el material de la aleta debe tener una conductividad térmica grande para reducir las variaciones de temperatura desde la base hasta la punta.

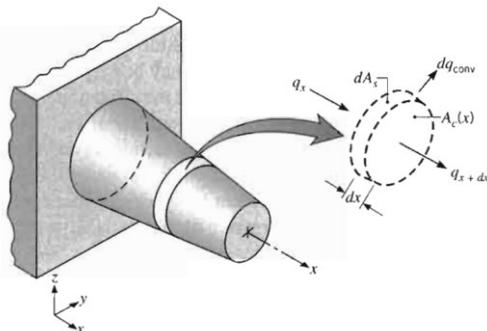


Figura 1. Diagrama esquemático de una aleta y su balance de energía.  
Fuente: Incropera y DeWitt, 2001

Para determinar la transferencia de calor con una aleta, primeramente, se debe obtener la distribución de temperatura a lo largo de la misma. Para ello, es necesario suponer la dirección del flujo de calor, que para muchos casos se establece de manera unidimensional en la dirección  $x$ , condiciones de estado estable o estado permanente, conductividad térmica constante, los efectos de la radiación son despreciables y el coeficiente de transferencia de calor por convección es uniforme sobre la superficie. Al aplicar el balance de energía y la ley de Fourier, se llega a las siguientes ecuaciones:

$$q_x = q_{x+dx} + dq_{conv} \tag{1}$$

$$q_x = -kA_c \frac{dT}{dx} \tag{2}$$

Donde  $A_c$  es el área de la sección transversal, la cual varía en la dirección  $x$ , mientras que la conducción en la dirección  $x+dx$  se expresa por medio de la siguiente expresión:

$$q_{x+dx} = -kA_c \frac{dT}{dx} - k \frac{d}{dx} \left( A_c \frac{dT}{dx} \right) dx \tag{3}$$

La transferencia de calor por convección se obtiene como sigue:

$$dq_{conv} = h dA_s (T - T_{ref}) \tag{4}$$

De acuerdo a la Ec 1,  $dA_s$ , es el área superficial de la aleta en  $m^2$ ,  $h$ , el coeficiente de transferencia de calor en  $W/m^2-K$ ,  $T$ , la temperatura de la base de la aleta en  $K$  y

$T_{ref}$ , es la temperatura ambiente en  $K$ . Al sustituir la ecuación 3 y 4 en la ecuación 1, se llega a la ecuación general de energía para la aleta.

$$\frac{d^2T}{dx^2} + \left( A_c \frac{dA_c}{dx} \right) \frac{dT}{dx} - \left( \frac{h}{A_c k} \frac{dA_s}{dx} \right) (T - T_{ref}) \tag{5}$$

Para aletas de área de sección transversal uniforme, esto quiere decir que  $A_c$  es una constante y  $A_s = Px$ , donde  $A_c$ ,  $A_s$  y  $P$  son el área de la sección transversal y perimetral de la aleta, en  $m^2$  y  $P$ , es el perímetro de la aleta en  $m$  y  $x$  es la posición de la superficie medida desde la base hasta la punta de la aleta, también en metros, las ecuaciones empleadas para distribución de temperatura y pérdida de calor para aletas de sección transversal uniforme para cuatro diferentes casos: A) transferencia de calor por convección, B) aleta adiabática, C) temperatura establecida y D) Aleta infinita, se muestran en la Tabla 1.

De tal manera que,  $\theta$ ,  $\theta_b$ ,  $m$  y  $M$  se obtienen a partir de las siguientes ecuaciones:

$$\theta = T - T_{ref} \tag{6}$$

$$\theta_b = T_b - T_{ref} \tag{7}$$

$$m = \sqrt{\frac{hP}{kA_c}} \tag{8}$$

$$M = \sqrt{hPkA_c} \theta_b \tag{9}$$

Donde,  $\theta_b$ , es la distribución de temperatura entre la base de la aleta y el medio ambiente,  $T_b$ , es la temperatura de la base de la aleta, en  $K$  y  $k$ , es la conductividad térmica del material en  $W/m-K$ .

Caso	Condición de aleta (x=L)	Distribución de temperatura $\left(\frac{\theta}{\theta_b}\right)$	Transferencia de calor de la aleta $q_f$
A	Transferencia de calor por convección $h\theta(L) = -k \frac{d\theta}{dx}$	$\frac{\cosh m(L-x) + \left(\frac{h}{km}\right) \sinh m(L-x)}{\cosh mL + \left(\frac{h}{km}\right) \sinh mL}$	$M \frac{\sinh mL + \left(\frac{h}{km}\right) \cosh mL}{\cosh mL + \left(\frac{h}{km}\right) \sinh mL}$
B	Adiabática $\frac{d\theta}{dx} = 0$	$\frac{\cosh m(L-x)}{\cosh mL}$	$M \tanh mL$
C	Temperatura establecida $\theta(L) = \theta$	$\frac{\left(\frac{\theta_L}{\theta_b}\right) \sinh mx + \sinh m(L-x)}{\sinh mL}$	$M \frac{\left(\cosh mL - \frac{\theta_L}{\theta_b}\right)}{\sinh mL}$
D	Aleta infinita $\theta(L) = 0$	$e^{-mx}$	$M$

Tabla 1. Distribución de temperatura y pérdida de calor en aletas de sección transversal constante.

Fuente: Elaboración propia

### Metodología de análisis

Para este estudio, las características geométricas empleadas para el microprocesador se muestran en la Figura 2. Como se observa en la figura, las dimensiones empleadas para el análisis son de: 20 mm de ancho, 30 mm de largo y 2 mm de espesor, las cuales son dimensiones comúnmente empleadas en equipos electrónicos comerciales (Hetpro, 2023). Además, para el análisis térmico, se consideró que el microprocesador está fabricado con material de Silicio, cuya conductividad térmica es de 124 W/m-K.

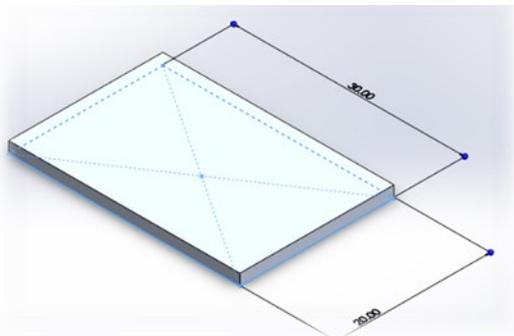


Figura 2. Características geométricas del disipador de calor.

Fuente: Elaboración propia

Dentro de la geometría empleada para el disipador de calor de aletas cuadradas, se estableció un total de 77 aletas, con un espaciamiento entre aletas de 3 mm, y se empleó como material de diseño, una aleación de aluminio Al-6061, cuya conductividad térmica es de 170 W/m-K (Figura 3a). Para analizar la transferencia de calor del disipador, se realizó un estudio térmico en el software SolidWorks, mediante el ensamblaje del microprocesador con el disipador de calor (Figura 3b). Para ello, el microprocesador se colocó en la cara inferior centrada y en contacto con la cara inferior del disipador de calor, como se observa en la Figura 3b. Además, se realizó el estudio térmico considerando convección natural en cada una de las aletas del disipador de calor y se establecieron

como condiciones de condiciones de operación: potencia calorífica de 20 W, coeficiente de transferencia de calor 20 W/m<sup>2</sup>-K, temperatura ambiente de 298 K y que no existe intercambio de calor del disipador de calor hacia el interior de la tarjeta electrónica.

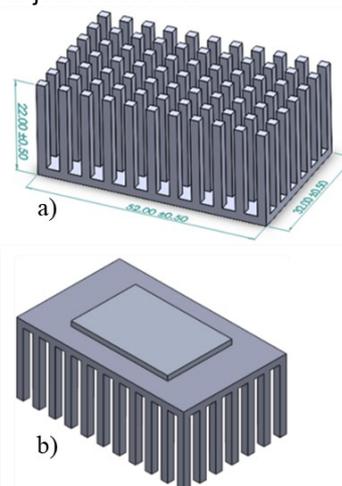


Figura 3. Esquema del ensamblaje del microprocesador y disipador de calor para aletas cuadradas.

Fuente: Elaboración propia

Para este estudio, se realizó un mallado a todo el sistema, para lo cual se empleó un mallado con una densidad fina, un tamaño del elemento de 1 mm, una tolerancia de 0.05 mm, elementos cuadráticos de alto orden, con un total de 131,713 nodos y 70,459 elementos, dicha representación se muestra en la Figura 4.

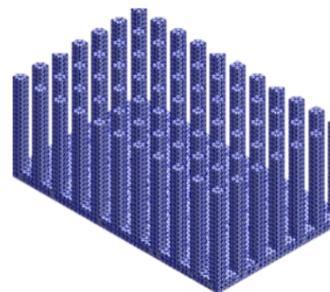


Figura 4. Mallado empleado en el dissipador de calor.  
Fuente: Elaboración propia

Aplicando las condiciones de operación antes mencionadas, la realización del ensamble del microprocesador con el dissipador de calor, así como la simulación, se logran obtener los perfiles de temperatura a lo largo del dissipador de calor (Figura 5). Además, los resultados obtenidos se compararon con aquellos valores obtenidos en la literatura (Staf, 2021), cuyas desviaciones en temperatura y flujo de calor fueron menores al 0.01%, por lo que se puede establecer que el modelo predice adecuadamente los perfiles de temperatura y flujo de calor.

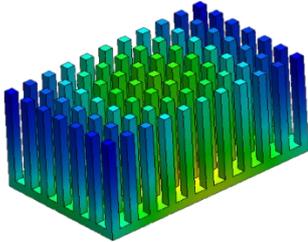


Figura 5. Distribución de temperatura en el dissipador de calor.  
Fuente: Elaboración propia

En la Figura 6 se muestran los valores obtenidos de temperatura en el dissipador de calor y la máxima temperatura alcanzada fue de 100.397 °C, mientras la menor temperatura obtenida es de 90.628. Los resultados muestran que la temperatura es menor en las superficies más alejadas del microprocesador, mientras las temperaturas más altas se obtienen en las regiones más cercanas o en contacto con el microprocesador. También, se puede observar que existe un gradiente de temperatura de 9.739°C entre la zona de mayor temperatura, respecto a la zona de menor temperatura. Por tal motivo, para tener una distribución de temperatura más uniforme, es necesario modificar las dimensiones del dissipador de calor o cambiar la configuración de las aletas.

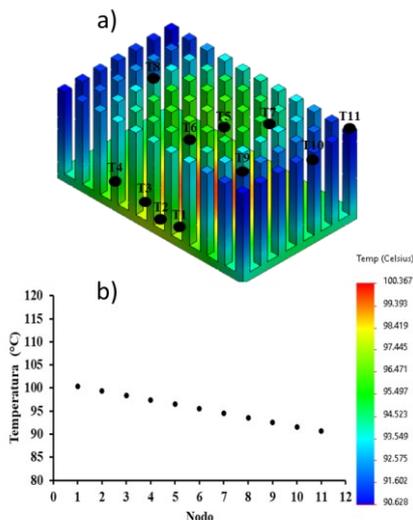


Figura 6. Distribución de temperatura por nodo en el dissipador de calor de aletas cuadradas.  
Fuente: Elaboración propia

Con base a los resultados obtenidos para la configuración de aletas cuadradas y considerando que la distribución de temperatura y flujo de calor no es uniforme a lo largo del dissipador de calor, el estudio se extendió a cuatro diferentes tipos configuraciones más: 1) aletas rectas, 2) aletas triangulares, 3) aletas parabólicas y 4) aletas circulares, las cuales de describen en las siguientes secciones. Es importante señalar, para las cuatro configuraciones propuestas, se estableció que todas presentan el mismo espaciamiento y altura, así como las mismas condiciones de operación, como fue el caso del dissipador de calor de aletas cuadradas.

### Aletas rectas

Para la configuración de aletas rectas, se tiene una altura de 20 mm y un espesor de 2 mm. Como se mencionó en el párrafo anterior, esta configuración se sometió a las mismas condiciones de operación que las empleadas en configuración con aletas cuadradas y de esta manera, poder realizar una comparativa más adecuada entre las diferentes configuraciones. Además, para la simulación, se consideró que el microprocesador está fabricado con material de aluminio Al-6061 y cuenta con un total de 11 aletas. En la Figura 7 se ilustra el diseño correspondiente a dicho dissipador de calor.

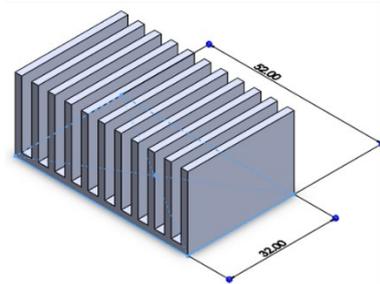


Figura 7. Esquema del dissipador de calor de aletas rectas.  
Fuente: Elaboración propia

En la Figura 8a se muestra la representación de la forma geométrica de las aletas rectangulares, así como el espaciamiento efectuado entre cada una de ellas, mientras en la Figura 8b se representa el ensamble realizado entre el microprocesador y el dissipador de calor.

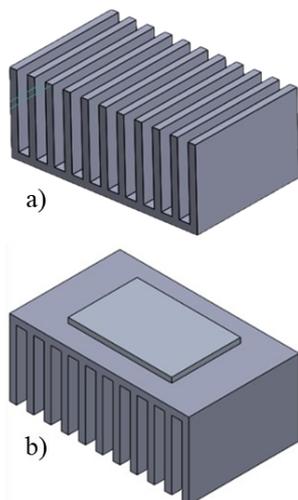


Figura 8. Esquema del ensamble: a) dissipador de calor para aletas rectas y b) microprocesador.  
Fuente: Elaboración propia

Para analizar el dissipador de calor con aletas rectas, se aplicó un mallado con densidad fina y se consideró un tamaño del elemento de 1 mm. Además, se estableció que el tipo utilizado es del tipo cuadrático de alto orden, con un total de 131,713 nodos y 70,459 elementos (Figura 9).

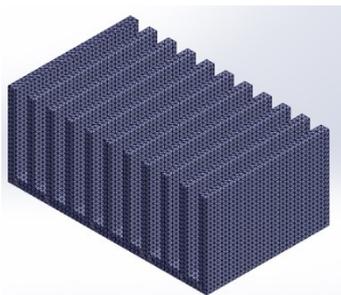


Figura 9. Mallado para el análisis de aletas rectas.  
Fuente: Elaboración propia

Los resultados del análisis térmico realizado para configuración de aletas rectangulares muestran una reducción de 12.68°C, respecto a la configuración de aletas cuadradas, así como un gradiente de temperatura entre la zona más caliente respecto a la más fría de 9.59°C (Figura 10). Por tal motivo, el dissipador de calor de aletas rectas presenta un mejor desempeño energético, en comparación con la configuración de aletas cuadradas, debido a que existe una mayor área de transferencia de calor y con ello, una reducción en la temperatura de operación en el microprocesador.

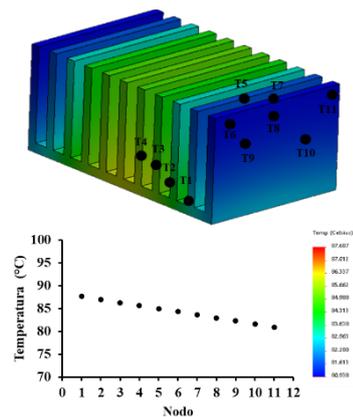


Figura 10. Distribución de temperatura por nodo en el dissipador de calor de aletas rectas.  
Fuente: Elaboración propia

### Aletas Triangulares

Como tercera alternativa de análisis, es la configuración del dissipador de calor con aletas triangulares (Figura 11): Esta configuración cuenta con un total de 9 aletas, en el que el área se va reduciendo desde la superficie de contacto con el microprocesador hasta el extremo superior en forma de punta que se ubica a una altura de 22 mm y una separación entre aletas de 2 mm. Además, el área de contacto de las aletas con el dissipador de calor es de 32 mm x 52 mm (1664 mm<sup>2</sup>) y el material empleado para la simulación, es el mismo que el de las dos configuraciones anteriormente analizadas.

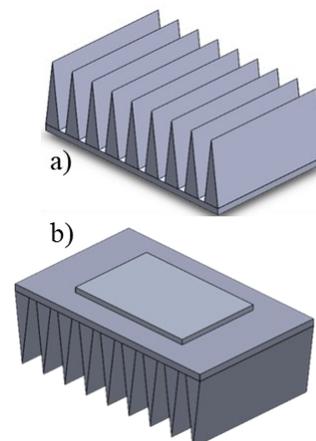


Figura 11. Esquema del ensamble del microprocesador y dissipador de calor para triangulares.  
Fuente: Elaboración propia

En base a los resultados obtenidos en la configuración de aletas triangulares, se encontró una disminución en la temperatura del microprocesador de 2.31°C, respecto a la configuración de aletas cuadradas y un incremento de 10.36°C, respecto a la configuración de aletas rectangulares (Figura 12 a). En la Figura 12b se muestran las temperaturas obtenidas en 11 nodos ubicados a lo largo del dissipador de calor. Los resultados muestran que la máxima temperatura admisible en el microprocesador es de 98.052°C, mientras que la región con menor

temperatura se localiza en los extremos del mismo, las cuales se encuentran a 91.912°C. Con lo que respecta a la temperatura en las aletas, la configuración que presenta una mejor rapidez de transferencia de calor, es la configuración de aletas rectangulares, seguida de la configuración de aletas triangulares y finalmente, la configuración de aletas cuadradas y esto tiene que ver directamente con el área de transferencia de calor, a la cual se encuentra expuesta cada configuración.

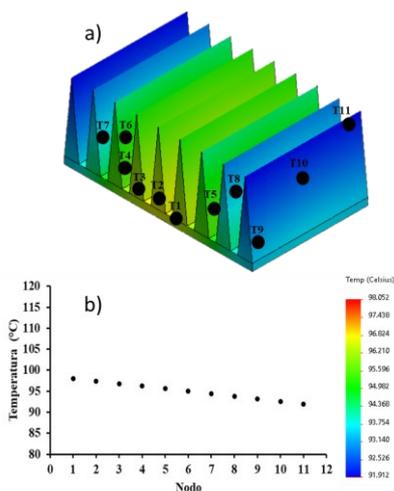


Figura 12. Distribución de temperatura por nodo en el dissipador de calor de aletas rectas. Fuente: Elaboración propia

**Aletas parabólicas**

Como cuarta configuración, se consideró un dissipador de calor con aletas del tipo parabólico como el mostrado en la Figura 13. Dicha configuración está constituida con un total de 8 aletas, las cuales se encuentran distribuidas sobre la superficie del dissipador de calor. Para su análisis, dicho dissipador de calor es sometido a las mismas condiciones de operación que las configuraciones anteriormente descritas y de esta manera, tener compatibilidad entre resultados. Para efectuar la simulación en SolidWorks, el microprocesador se ensambló en la parte inferior del dissipador como los modelos 1-3 y se establecieron como condiciones de operación: potencia calorífica de 20 W, coeficiente de transferencia de calor 20 W/m<sup>2</sup>-K, temperatura ambiente de 298 K y que no existe intercambio de calor del dissipador de calor hacia el interior de la tarjeta electrónica.

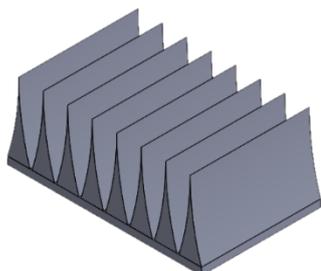


Figura 13. Dissipador de calor con aletas parabólicas. Fuente: Elaboración propia

En esta configuración se puedan apreciar curvaturas en sus aristas de las aletas, las cuales se van reduciendo hasta la parte superior, generando una forma parabólica, la cual es distintiva a su nombre (Figura 14). Dentro la simulación empleada en SolidWorks, se realizó un mallado con densidad fina, con un tamaño del elemento de 1 mm y una tolerancia de 0.05 mm.

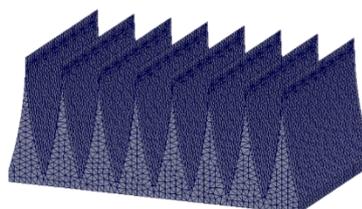


Figura 14. Mallado para el análisis de aletas triangulares. Fuente: Elaboración propia

Con base a los resultados obtenidos en SolidWorks (Figura 15), se puede apreciar que la distribución de temperatura a lo largo del dissipador de calor de aletas parabólicas es mayor en comparación a las configuraciones con aletas cuadradas, rectas y triangulares. Para este caso, la máxima temperatura obtenida fue de 115.047°C, mientras para las configuraciones de aletas cuadradas, rectangulares y triangulares fue de 100.367°C, 87.687°C y 98.052°C, lo que representa incrementos en la temperatura del dissipador de calor del 14.62%, 31.20% y 17.33%, respectivamente. También se observa en esta configuración, que el dissipador de aletas parabólicas presenta un mayor calentamiento, resultado ser menos eficiente en comparación con las anteriores configuraciones. La menor temperatura de 102.837°C se obtuvo en la punta de las aletas colocadas en los extremos del dissipador de calor, lo cual resulta un aumento de 12.209°C, en comparación con la configuración de las aletas cuadradas, de 4.785°C en comparación con la configuración de aletas rectangulares y de 11.925°C comparando el resultado con la configuración de aletas triangulares.

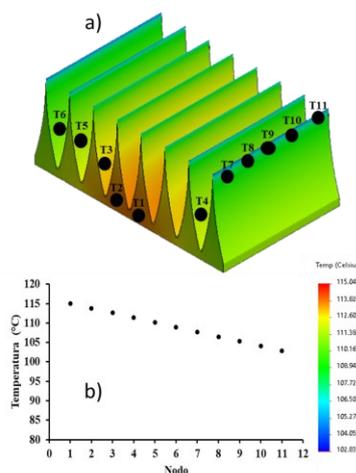


Figura 15. Distribución de temperatura en aletas parabólicas.

Fuente: Elaboración propia

### Aletas circulares

Finalmente, en la Figura 16 se observa la configuración del disipador de calor de aletas circulares. Para este caso se emplearon 11 aletas distribuidas uniformemente a lo largo de la placa, con un espesor de 2 mm y un espaciado entre aletas de 3 mm.

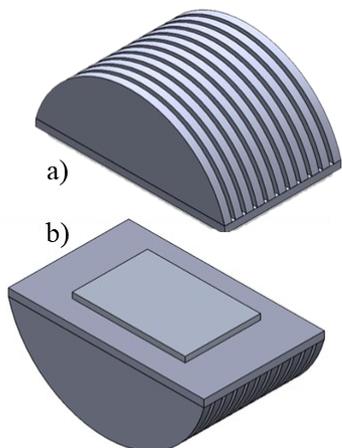


Figura 16. Disipador de calor en aletas circulares.  
Fuente: Elaboración propia

Como en los anteriores estudios, se realizó un mallado con una densidad fina y un tamaño global de 1 mm y una tolerancia de 0.05 mm, como se ilustra en la Figura 17.

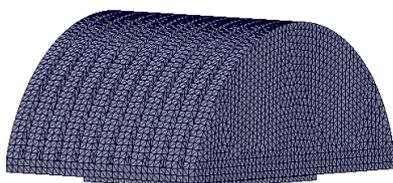


Figura 17. Mallado para el análisis de aletas circulares.  
Fuente: Elaboración propia

Dentro de los resultados obtenidos, se encontró que la máxima temperatura que el disipador de calor puede alcanzar es de 75.825°C, mientras la mínima temperatura fue de 72.462°C (Figura 18). Comparativamente, la configuración que presenta mejor rapidez de transferencia de calor, es la configuración con aletas circulares, seguida de la configuración de aletas rectangulares, mientras que las configuraciones con aletas cuadradas, triangulares y parabólicas son las que presentan la más baja rapidez de transferencia de calor. Los resultados también ilustran la temperatura en nodos colocados en diferentes posiciones del disipador de calor. Las zonas de mayor temperatura son las que se encuentran colindando o en contacto con el disipador de calor, las cuales corresponden a la placa y las aletas colocadas en el centro del sistema, mientras las zonas de menor temperatura son aquellas que se encuentran en los extremos del disipador de calor.

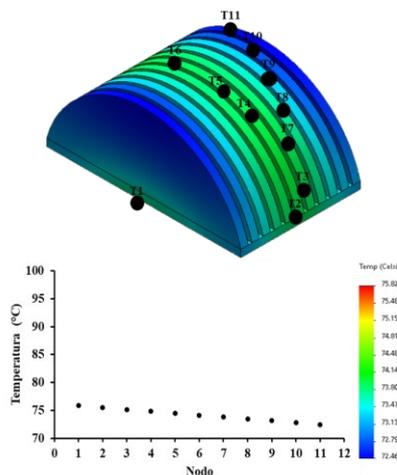


Figura 18. Distribución de temperatura en aletas circulares.  
Fuente: Elaboración propia

### Conclusiones

El análisis térmico de disipadores de calor es realizado empleando el software SolidWorks. Para el análisis, cinco diferentes tipos de geometrías de aletas se compararon y de esta manera, poder identificar la configuración que presenta la mejor distribución de temperatura y flujo de calor. Con base a los resultados se llegaron a los siguientes puntos más relevantes del trabajo:

La configuración con aletas circulares, es la que presenta las menores zonas de calentamiento, todo esto, en comparación con las configuraciones de aletas cuadradas, rectas, parabólicas y triangulares.

La zona de mayor temperatura que se obtiene con la configuración de aletas circulares es de 75.825°C, mientras al emplear la configuración de aletas cuadradas, rectas, triangulares y parabólicas, estos resultados fueron de 100.367°C, 87.687°C, 98.052°C y 117.047°C, respectivamente.

La configuración que presenta la menor diferencia de temperaturas entre la zona de mayor y menor temperatura, es la configuración de aletas circulares, para la cual se obtiene una diferencia de temperaturas de 3.363°C, mientras la configuración que presenta el menor desempeño térmico, es el disipador de calor con aletas triangulares, con una diferencia de temperaturas de 12.21°C.

La correcta selección del tipo de aleta, ayuda a incrementar la transferencia de calor entre el microprocesador y el medio ambiente, así que su configuración o geometría juega un papel muy importante en el diseño y selección de disipadores de calor. Además, el tipo de material y las condiciones de operación a las que el sistema esté expuesto, contribuirán en mejorar su rendimiento energético, así como reducir sus costos de fabricación.

SolidWorks resulta una herramienta viable para el análisis y simulación de disipadores de calor, lo que puede representar un ahorro significativo en tiempo y esfuerzo

durante la toma de decisiones en desarrollo de nuevos dispositivos.

## Referencias

- Argumedo P. (2010). Simulación numérica de la transferencia de calor por convección libre en superficies verticales con aletas inclinadas. Tesis maestría en ciencias, Instituto Politécnico Nacional, Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica. Consultado de la página <http://tesis.ipn.mx/handle/123456789/9708>
- Barbosa O. I. y Hernández A (2015). Buscando nuevas configuraciones para disipadores óptimos de altísimos flujos de energía. Revista de divulgación científica, Jóvenes en la Ciencia, Vol 1(2), 1839-1843. Recuperado el 9 de marzo de 2023, de <https://www.jovenesenlaciencia.ugto.mx/index.php/jovenesenlaciencia/article/view/222>
- Cengel, Y. y Boles M. (2015). Termodinámica, Octava edición. Editorial McGraw-Hill Education.
- Garro, S., Díaz, L. A., Liang, J., Martínez, F., Meneses, W., Ortega, H., Ramírez, G., & Stradi, B. (2012). Modelación y simulación de disipadores de calor para procesadores de computadora en COMSOL Multiphysics. Revista Tecnología en Marcha, 25(3), 71-80. <https://doi.org/10.18845/tm.v25i3.459>
- Gil L. (2006). Caracterización experimental de una superficie extendida para su aplicación en intercambiadores de calor enfriados por aire. Tesis maestría en ciencias, Instituto Politécnico Nacional, Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, 1-96. Consultado de la página: <https://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/16312/Caracterizaci%C3%83%C2%B3n%20experimental%20de%20una%20superficie%20extendida%20para%20su%20aplicaci%C3%83%C2%B3n%20en%20intercambiadores%20d.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Harper, C.A. (2005). Electronic Packaging and Interconnection Handbook. New York: McGraw-Hill, 4th edition.
- Hetpro (2023). Disipador de Aluminio 46mm x 54mm x 23mm. (s/f). Hetpro-store.com. Recuperado el 9 de marzo de 2023, de <https://hetpro-store.com/disipador-de-aluminio-46mm-x-54mm-x-23mm/>
- Incropera F.P. y DeWitt D.P. (2001). Fundamentos de transferencia de calor. Editorial Pearson Prentice Hall, Cuarta edición.
- Nava-Arriaga, E. M., Luviano-Ortiz, J.L., Hernández-Guerrero, A., & Sciubba, E. (2018). Análisis numérico de un novedoso disipador de calor con minicanales y distribuidor de flujo basado en la teoría constructal. Memorias del XXV congreso internacional anual de la SOMIM, 1-10. Recuperado el 9 de marzo de 2023, de [http://somim.org.mx/memorias/memorias2019/articulos/A4\\_149.pdf](http://somim.org.mx/memorias/memorias2019/articulos/A4_149.pdf).
- Obregón S., Molina V. y Salvo N. (2005). Simulación de fenómenos de convección natural en recintos cerrados. Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente, Vol. 9(11), 85-90. <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/82931>
- Romero A. (2022). Análisis de un disipador de calor térmico de aletas tipo pin e influencia de materiales líquidos para altas disipaciones térmicas. Tesis de Maestría, Escuela Técnico Superior de Ingeniería, Universidad de Sevilla, 1-46. Consultada de la página: <https://hdl.handle.net/11441/142067>
- Staf (2021). Heat sink and micro processor under natural convection. SolidWorks simulation. Consultado de la página: <https://www.youtube.com/watch?v=jLbs4z1K9tw>
- Zhu, K., Zheng, M., Wang, B., Dai, B., Wang, Y., Wei, J., & Chen, X. (2017). Experimental study of energy saving performances in chip cooling by using heat sink with embedded heat pipe. Energy Procedia, 105, 5160–5165. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2017.03.1046>