

**PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DE SUPERFICIES  
PERFORADAS EN DISIPADORES DE CALOR PARA  
MEJORAR LA EFICIENCIA DE DISIPACIÓN DE CALOR DE  
MICROCHIPS**

**PROPOSAL FOR THE IMPLEMENTATION OF PERFORATED  
SURFACES IN HEAT SINKS TO IMPROVE THE HEAT  
DISSIPATION EFFICIENCY OF MICROCHIPS**

**ARTÍCULO DE INVESTIGACIÓN**

**Suárez, Jorge Valente<sup>1</sup>**

UVP Universidad del Valle de Puebla

im41993@uvp.edu.mx

ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-4409-6606>

**López, Sergio Raúl<sup>2</sup>**

UVP Universidad del Valle de Puebla

sergio.lopez@uvp.edu.mx

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9762-8109>

Recibido el 5 de junio de 2024. Aceptado el 13 de septiembre de 2024. Publicado el 15 de diciembre de 2024.

## **Reseña de Autor 1**

Egresado de licenciatura en ingeniería mecatrónica en la Universidad del Valle de Puebla.

## **Reseña de Autor 2**

Ingeniero Industrial por el Tecnológico Nacional de México Campus Puebla, Maestro en Ingeniería Administrativa y Calidad por la Universidad La Salle Benavente, Doctor en Alta Dirección por la Universidad del Valle de Puebla. Posdoctorado en Administración de Negocios por el Centro de Estudios e Investigaciones para el Desarrollo Docente. TSU en Gestión y Administración de PyME por la Universidad Abierta y a Distancia de México. Ha colaborado con organizaciones privadas de los sectores manufacturero, comercial y de servicios implementando Sistemas de Gestión de Calidad, desarrollando y mejorando procesos, gestionando información de sistemas y aplicándola en la toma de decisiones. Ha trabajado en publicaciones e impartido conferencias en diversas instituciones como BUAP, UPAEP, CEUNI, IEU, UVP, etc., relacionadas con temas de liderazgo, productividad, motivación, marketing, ingeniería y uso de la información en procesos de investigación.

## **Resumen**

Esta propuesta de investigación se centra en la propuesta de implementación de superficies perforadas en dispositivos disipadores térmicos o de calor, con el objetivo de reducir las temperaturas operativas de microchips. La justificación se fundamenta en la eficacia y conveniencia de las mejoras pasivas, que no solo

aumentan el rendimiento y la eficiencia, sino que también son más rentables y no requieren fuentes de energía externa.

La investigación busca contribuir al desarrollo de sistemas más eficientes desde el punto de vista energético, con beneficios tanto industriales como sociales, al abordar la crisis energética global y promover un uso adecuado de las fuentes de energía. La metodología se basa en el método científico para analizar y recolectar datos, con el objetivo de obtener resultados confiables aplicables en futuras investigaciones relacionadas.

Palabras clave: disipación de calor, eficiencia de disipación, superficies perforadas, dispositivos disipadores térmicos, microchips.

## **Abstract**

This research proposal focuses on the proposed implementation of perforated surfaces in thermal or heat dissipating devices, with the aim of reducing the operating temperatures of microchips. The rationale is based on the effectiveness and convenience of passive upgrades, which not only increase performance and efficiency, but are also more cost-effective and do not require external energy sources.

The research seeks to contribute to the development of more energy-efficient systems, with both industrial and social benefits, by addressing the global energy crisis and promoting appropriate use of energy sources. The methodology is based on the scientific method to analyze and collect data, with the aim of obtaining reliable results applicable in future related research.

**Keywords:** heat dissipation, dissipation efficiency, perforated surfaces, heat dissipation devices, microchips.

## **Introducción**

En el contexto actual de avances tecnológicos, mejorar la eficiencia de los mecanismos de disipación de calor es crucial. Se han dedicado esfuerzos considerables a la investigación de dispositivos de dispersión de calor que minimicen la energía, materiales y costos mientras maximizan la efectividad. Las mejoras pasivas son prometedoras en términos de rendimiento y eficiencia, así como en la reducción de costos.

Esta investigación se centra en la implementación de superficies perforadas en disipadores de calor, con el objetivo de reducir las temperaturas operativas y mejorar la vida útil y la fiabilidad de los microchips. Se busca la viabilidad de esta mejora en el contexto de la demanda creciente de dispositivos de disipación térmica eficientes. Los beneficios esperados incluyen una vida útil prolongada de los componentes, mayor ahorro energético y eficiencia en diversas aplicaciones.

## **Planteamiento del problema**

En la actualidad, hay un fuerte enfoque en mejorar la transferencia de calor de forma pasiva debido a la creciente necesidad de eficiencia energética y reducción de costos en aplicaciones industriales y procesos termodinámicos. Estas mejoras buscan optimizar la transferencia de calor sin aumentar significativamente el consumo de energía. Son esenciales en diversas áreas industriales, incluyendo la generación de energía, HVAC/R, transporte y fabricación, especialmente en dispositivos como microchips.

La demanda de dispositivos de disipación térmica más compactos y eficientes ha llevado a investigaciones adicionales para desarrollar sistemas y procesos más

eficientes en respuesta a la crisis energética global. Sin embargo, es crucial garantizar que estas mejoras no afecten negativamente el funcionamiento y el diseño general de los sistemas.

A pesar de los avances, la búsqueda de la optimización perfecta es un desafío debido a la complejidad de los sistemas termodinámicos. La investigación se centra en lograr un mejor rendimiento y eficiencia en los disipadores térmicos mediante mejoras pasivas, al tomar en cuenta la reducción de costos y la compatibilidad con los sistemas existentes. La pregunta de investigación se enfoca en ¿De qué manera influye la implementación de superficies perforadas en la eficiencia de los disipadores térmicos o de calor en microchips en el periodo 2023-2024 en el municipio de Puebla?

## **Revisión bibliográfica**

De acuerdo con la Real Academia Española, un microchip se define como chip miniaturizado, un componente diminuto de material semiconductor que alberga diversos circuitos integrados, los cuales llevan a cabo diversas funciones en computadoras y dispositivos electrónicos (RAE, 2023).

Conocido como chip de Integración a Muy Gran Escala (VLSI, por sus siglas en inglés) o un circuito integrado (IC, por sus siglas en inglés), o simplemente microchip, se compone de un bloque cúbico de material semiconductor, aproximadamente del tamaño de un grano de arroz; está constituido por millones a miles de millones de transistores. Los transistores están interconectados de manera que se construyen circuitos eléctricos para la realización de aplicaciones específicas (Yeap et al., 2020).

Los rangos de temperatura se refieren a la temperatura ambiente o del aire en la que pueden operar de manera normal (Tricker & Tricker, 2019), y son definidos por la hoja de datos del fabricante de acuerdo a su aplicación y tipo de chip (Harris, 2021)

Las temperaturas elevadas en funcionamiento pueden generar tensiones mecánicas en la placa, lo que resulta en grietas y conexiones intermitentes o fallidas a medida que las capas experimentan ciclos de calentamiento y enfriamiento (Peterson, 2020).

Las altas temperaturas pueden disminuir la vida útil de un circuito integrado (CI) y afectar su capacidad operativa. Históricamente, los circuitos integrados se diseñaban para aplicaciones de bajo consumo y, por lo general, solo requerían unos pocos milivatios de potencia. Sin embargo, los circuitos integrados modernos son capaces de manejar varios amperios y accionar dispositivos como relés, solenoides, motores a paso y lámparas LED.

Los elevados niveles de potencia asociados con estas aplicaciones pueden elevar significativamente las temperaturas de los circuitos integrados, lo que representa un riesgo de destrucción del dispositivo a menos que se implementen las precauciones adecuadas (Allegro microsystems, 1977).

En circuitos integrados más avanzados como los microprocesadores, las altas temperaturas pueden llegar a activar los mecanismos de control térmico internos (llamado thermal throttling), para disminuir la energía y restringir la temperatura. Cuando se activa el sistema de control térmico del procesador, se provoca una pérdida de rendimiento, ya que el procesador reduce la frecuencia y la potencia para evitar el sobrecalentamiento (Intel, 2023).

En los circuitos integrados (CI), una referencia de temperatura constante es la unión del dispositivo, que se refiere al punto más caliente dentro del chip mientras se opera dentro de un paquete específico (Analog Devices, 2009). El uso de energía genera calor, lo que lleva a temperaturas de unión ( $T_J$ , por sus siglas en inglés), que varían de la temperatura ambiente o del aire del entorno (CYPRESS, 2015).

De manera similar Allegro microsystems (1977), indican que la temperatura de unión ( $T_J$ ) de los circuitos integrados de silicio suele estar restringida a 150° C. Si

bien los dispositivos pueden funcionar brevemente a temperaturas ligeramente elevadas, la esperanza de vida del dispositivo disminuye significativamente con el funcionamiento prolongado a altas temperaturas. Generalmente, una temperatura de unión operativa más baja se asocia con una vida útil más larga para el circuito integrado (CI).

En cuanto al consumo energético Shi et al. (2019), explican cómo el rápido aumento de los requisitos computacionales y el aumento exponencial del uso de energía de los chips CI, plantean desafíos tanto para la reducción de energía así como para la disipación de calor en el diseño de sistemas computacionales.

De acuerdo con CYPRESS (2015), los circuitos integrados (CI) necesitan energía para funcionar, esta energía se les suministra en forma de voltaje y corriente a través de pines de alimentación. El aprovechamiento de la energía genera calor, lo que da lugar a temperaturas en las uniones que difieren de la temperatura ambiente del entorno. El consumo de energía se ve afectado por la variación de temperatura y viceversa.

De manera similar Naffziger et al. (2006), explican que durante todo el proceso de diseño, es fundamental optimizar el consumo de energía, la temperatura y el rendimiento, ya que estos factores se encuentran en estrecha relación. El consumo de energía de fuga (leakage power consumption), y la temperatura tienen una relación recíproca: el aumento de la temperatura aumenta las fugas de energía, y viceversa.

Pedram y Nazarian (2005), indican que el consumo de energía de fuga está significativamente influenciado por el perfil de temperatura dentro del chip; en específico, las temperaturas elevadas conducen a una mayor disipación de energía, lo que posteriormente aumenta las temperaturas en el chip.

De acuerdo con De Vogeleer et al. (2014), la disipación de calor del circuito integrado (CI) es directamente proporcional a su consumo de energía. Además,

el CI demostrará un comportamiento térmico transitorio, y la duración de este comportamiento dependerá de su capacidad calorífica. Los sistemas con mayores capacidades caloríficas exhiben un comportamiento térmico transitorio más duradero en comparación con aquellos con capacidades caloríficas más pequeñas.

En cuanto a la disipación de potencia o de energía CADENCE PCB SOLUTIONS (2022), explican que la disipación de energía se puede definir por la generación de calor, un subproducto no deseado o una forma de pérdida de energía, en dispositivos electrónicos o eléctricos mientras realizan sus funciones principales. En la arquitectura de computadoras, particularmente con unidades centrales de procesamiento (CPU, por sus siglas en inglés), la gestión de la disipación de energía es una consideración importante a tener en cuenta.

Pozo & Triviño (2011), explican que el factor fundamental en la configuración de los componentes semiconductores es la generación y disipación de energía. Esta liberación de energía conduce a aumentos de temperatura y al riesgo de fractura de las uniones, esto provocado por las disparidades en la expansión térmica entre el sustrato de silicio y las conexiones con el encapsulado. Se deben implementar precauciones especiales para evacuar este calor al ambiente y evitar aumentos excesivos de temperatura en el componente.

Otro punto a explicar es que, la disipación de potencia en los circuitos CMOS (semiconductor complementario de óxido metálico)-VLSI proviene de dos mecanismos distintos: la potencia estática (static power), principalmente atribuible a la potencia de fuga y que surge del apagado incompleto de los transistores, y la potencia dinámica (dynamic power), causada predominantemente por la conmutación de cargas capacitivas entre dos estados de voltaje (Jacob et al., 2008).

Así bien, Jacob et al. (2008), indican que el consumo de energía está vinculado al trabajo realizado, lo que se puede ejemplificar como cuánta computación se puede lograr con una batería específica. Por el contrario, la disipación de energía es la tasa

de consumo. La disipación de potencia instantánea de dispositivos CMOS-VLSI, como los microprocesadores, se cuantifica en watts (W), y abarca dos elementos principales: potencia dinámica y potencia estática.

En el apartado de disipadores de calor, Chen & Lo (2016), explican que los discos térmicos, difusores de calor y disipadores de calor comparten un objetivo común: mejorar la disipación de calor del chip más allá de lo que los materiales de embalaje o encapsulado pueden lograr por sí solos. Su objetivo es evitar el apagado térmico del chip o consecuencias más graves. En particular, muchos materiales empleados en el empaquetado de plástico presentan una conductividad térmica limitada, el compuesto de moldeo es particularmente ineficaz a este respecto.

Sobre los mismos autores, explican que normalmente metales como el aluminio o el cobre sirven como materiales para difusores o disipadores de calor. Si bien estos metales destacan en la transferencia de calor isotrópica, su eficiencia se ve obstaculizada por la alta resistencia de contacto, lo que los hace menos efectivos en la transferencia de calor desde los componentes.

García (2009), dice que los disipadores de calor son elementos metálicos, comúnmente de aluminio, utilizados para prevenir el sobrecalentamiento y daño de dispositivos electrónicos como transistores bipolares y reguladores de voltaje. Cuando un dispositivo electrónico está en funcionamiento, genera calor que no se disipa fácilmente, lo que puede causar daños en el propio componente y sus cercanías, e incluso afectar el soporte. Por esta razón, es esencial contar con un medio que absorba este calor, esto evita el deterioro de los componentes.

En concordancia con García (2009), la aplicación de un disipador de calor a un empaquetado o encapsulado de circuitos integrados mejora la resistencia térmica al aumentar la transferencia de calor al entorno circundante. La eficacia de un disipador de calor depende de factores como el tamaño, el material, el diseño y el

flujo de aire dentro del sistema. Generalmente, los disipadores de calor pueden mejorar significativamente el rendimiento térmico (CYPRESS, 2015).

En chips más avanzados Trick (2022), explica que un disipador de calor es un componente metálico colocado en un chip de computadora, como una unidad central de procesamiento (CPU por sus siglas en inglés), para disipar el calor de los componentes permitiéndole ascender a través de la superficie de una serie de aletas. Para optimizar la refrigeración, un disipador de calor debe establecer un contacto sólido con la fuente de calor. Utiliza un conductor térmico para transferir calor a las aletas que, con sus superficies más grandes, dispersan eficazmente el calor por toda la computadora.

De acuerdo con Arrow Electronics (2019), los disipadores de calor que se utilizan más comúnmente son configuraciones activas, pasivas o híbridas, y explican las diferencias que existen entre estos. Los disipadores de calor pasivos utilizan la convección natural, donde el movimiento ascendente del aire caliente impulsa el flujo de aire sobre el disipador de calor sin la necesidad de energía adicional o sistemas de control para disipar el calor. Si bien estos sistemas ofrecen simplicidad y eficiencia energética, no son tan competentes como los disipadores de calor activos en la transferencia de calor.

Los disipadores de calor activos emplean un flujo de aire forzado para mejorar el movimiento del fluido sobre el área calentada. Este flujo de aire forzado generalmente se genera mediante un ventilador, un soplador o el movimiento de todo el objeto, como el motor de una motocicleta que se enfría a través del flujo de aire sobre las aletas del disipador de calor. Por ejemplo, en una computadora personal, cuando la computadora se calienta, el ventilador se activa para impulsar el aire sobre el disipador de calor, lo que facilita el movimiento del aire más frío a través de la superficie del disipador de calor. En consecuencia, este proceso

aumenta el gradiente térmico general en todo el sistema de disipador de calor, lo que permite una disipación de calor más eficiente del sistema.

Los disipadores de calor híbridos combinan algunos aspectos de los disipadores de calor pasivos y activos. Estas configuraciones son menos comunes y, a menudo, dependen de sistemas de control para enfriar el sistema según los requisitos de temperatura. Cuando el sistema funciona a niveles más fríos, la fuente de aire forzado está inactiva y solo enfría el sistema de forma pasiva. Una vez que la fuente alcanza temperaturas más altas, el mecanismo de enfriamiento activo se activa para aumentar la capacidad de enfriamiento del sistema de disipador de calor.

## **Método y Metodología**

Los enfoques de investigación pueden ser cuantitativos, cualitativos o mixtos. El enfoque de investigación cuantitativo comprenderá la sistematización y análisis de datos a través de métodos estadísticos que permitan interrelacionar y describir las variables de estudio; por su parte, los enfoques de investigación cualitativo tienen como objetivo estudiar el fenómeno en su contexto real a través de un análisis que no requiere de un procesamiento de información bajo una estructura estadística o numérica; finalmente, los enfoques de investigación mixtos combinarán aspectos de los dos anteriores y darán como resultado una investigación con mayores alcances y resultados que permitirá analizar la problemática con una perspectiva integral (Hernández et al. 2010). Por lo anterior la presente investigación corresponde a un enfoque cuantitativo.

Al ser una propuesta de diseño experimental a través de simulaciones, no se requiere de una población, ni muestra. Una vez que las variables han sido seleccionadas, las cuales son disipación de calor y la eficiencia del microchip, en este caso se tomaría en cuenta las temperaturas de unión máximas de un chip

(representado en la simulación como una fuente de temperatura de aluminio) y se mantendría en márgenes permitidos, debido a que la propuesta se basa en una modificación pasiva, se propone un diseño con base en disipadores de calor disponibles en el mercado para implementar dicha modificación pasiva que consta de un patrón de perforaciones. Sobre la selección del software de diseño asistido por computadora (CAD) y de ingeniería asistida por computadora (CAE), se realizarán las simulaciones para realizar la propuesta de diseños de patrones. En el software seleccionado se recomendarán diferentes patrones de perforaciones en las superficies de las aletas del disipador de calor.

El software seleccionado es Solidworks, la propuesta de diseño del disipador pasivo funciona por convección natural para así analizar el peor de los escenarios, y por convección forzada para observar diferencias, es una superficie de la base de 20 mm de espesor, 150 mm de largo y 110 mm de alto, con 8 aletas de dimensiones de 100 mm de altura, 110 mm de largo y 10 mm de espesor, separadas 10 mm entre ellas, mismos que son los que presentaran diferentes patrones de perforaciones; este diseño es de una aleación de aluminio 5052. El chip está representado en la simulación como una fuente de calor de material de aluminio de dimensiones 45 mm de largo, 35 mm de alto y un espesor de 10 mm.

En primera instancia se realiza un estudio térmico estático con un disipador sin perforaciones que sirve de control, este mismo estudio se realiza en otros 3 disipadores de calor que usarán diferentes patrones perforados en las aletas. Este estudio usa 2 diferentes valores de la fuente de temperatura de 50° C (la temperatura promedio en funcionamiento de un chip es entre 50° C y 70° C), y 100° C (temperatura máxima en la unión a la que la mayoría de chips sufre daños permanentes o fallas catastróficas); misma que abarca la parte superior del chip en contacto con la base del disipador.

Este estudio es realizado como convección natural (coeficiente de convección del aire  $5-25\text{W}/\text{m}^2\text{K}$ , usando el menor coeficiente de  $5\text{W}/\text{m}^2\text{K}$  para reflejar

el peor de los casos) y muestra los nodos con mínimo y máximo de temperatura. El estudio demuestra la temperatura que alcanza nuestro disipador, si existen diferencias entre los diferentes disipadores de estudio y permite observar su correcto funcionamiento para el siguiente estudio.

Basado en los resultados del primer estudio se emplea un ensamble en Solidworks donde analizaremos la temperatura de 2 chips con una disipación de potencia de 35 watts y 50 watts, sobre una base aislante que simula una placa PCB, donde podemos observar la temperatura a la que el chip alcanza equilibrio térmico, además se estresan los disipadores a una disipación de potencia de 100 watts; más allá de que los disipadores no están diseñados para esa potencia para convección natural, nos servirá para poder observar cómo funcionan bajo estas condiciones extremas.

Este segundo estudio hace uso de la simulación de flujo para convección natural de aire libre o  $5 \text{ W/m}^2 \text{ K}$  en una temperatura ambiente de  $25^\circ \text{ C}$ , esto se realiza para estudiar el peor de los escenarios cuando no existe una convección forzada (uso de ventiladores para mover aire a través del disipador), en este análisis podremos observar si los disipadores pueden mantener la temperatura del chip dentro de los parámetros recomendados que van desde los  $50^\circ \text{ C}$  hasta los  $70^\circ \text{ C}$ .

También se realiza un estudio al suponer que nuestro componente se encuentra dentro de un gabinete, donde existirá un sistema de disipación por convección forzada (ventilador que mueve aire a través del gabinete), para ello se usa un coeficiente de convección bajo de  $10 \text{ W/m}^2 \text{ K}$  o  $2 \text{ m/s}$ , en una temperatura ambiente de  $25^\circ \text{ C}$ . Esto ayudará a reducir las temperaturas del chip y mostrará si existen diferencias significativas entre los diferentes patrones de perforación de los disipadores bajo estas condiciones.

El siguiente análisis es un estudio térmico transitorio, en el cual se observa el tiempo requerido para alcanzar la temperatura máxima sostenida (temperatura

máxima en la cual dejan de existir cambios), mientras el chip trabaja a su máxima potencia. Este estudio se lleva a cabo con convección natural ( $5 \text{ W/m}^2 \text{ K}$ ), de nuevo esto para ver el peor escenario posible, con una temperatura ambiente y una temperatura inicial de los componentes de  $25^\circ \text{ C}$ . Con esto podremos observar si las temperaturas se mantienen dentro de los parámetros permitidos de temperatura bajo carga máxima de trabajo.

Por último, se usó el estudio anterior y se añadió una convección forzada con un coeficiente bajo de  $10 \text{ W/m}^2 \text{ K}$ , esto para simular cuando nuestros componentes se encuentran dentro de un gabinete con un ventilador que disipe el calor. Con esto se observa la influencia del aire en los disipadores y las temperaturas del chip. Los resultados se muestran en la tabla comparativa de estudio térmico transitorio bajo carga máxima de trabajo con convección forzada  $10 \text{ W/m}^2 \text{ K}$ .

Los últimos dos estudios indican el tiempo que el chip trabaja a su máxima potencia hasta alcanzar equilibrio térmico, y en el peor de los casos, alcanza temperaturas de falla o daños permanentes.

## **Resultados**

De acuerdo con la aplicación de los instrumentos de la investigación, los principales resultados obtenidos son los siguientes:

**Tabla 1**

*Estudio térmico estático del disipador en 50°C y 100°C*

<b>Estudio térmico estático</b>	<b>Disipador de control</b>	<b>Disipador patrón 1</b>	<b>Disipador patrón 2</b>	<b>Disipador patrón 3</b>
50°C Nodo con temperatura mínima	47.064°C	41.009°C	33.148°C	37.569°C
50°C Nodo con temperatura máxima	50.019°C	50.081°C	50.0°C	50.006°C
100°C Nodo con temperatura mínima	67.617°C	60.799°C	49.205°C	62.856°C
100°C Nodo con temperatura máxima	100°C	101.171°C	100.5°C	100.017°C

De acuerdo a la Tabla 1 se observa que existen diferencias para la temperatura mínima en los patrones perforados en comparación con el patrón de control; esto muestra que el disipador trabaja de forma esperada.

**Tabla 2**

*Comparativa de disipación para chips con potencias de 35W, 50W y 100W con coeficiente de convección de 5 W/m<sup>2</sup>K*

	<b>Disipador de control</b>	<b>Disipador patrón 1</b>	<b>Disipador patrón 2</b>	<b>Disipador patrón 3</b>
Estudio de flujo térmico-convección natural	Temperatura de equilibrio térmico promedio			
Chip de 35W	57.362°C	58.537°C	59.666°C	57.547°C
Chip de 50W	68.115°C	69.68°C	71.209°C	68.155°C
Chip de 100W	101.015°C	103.741°C	106.509°C	100.447°C

*Nota:* elaboración propia

La Tabla 2 muestra como en convección natural existe una diferencia mínima que no tiene impacto en la eficiencia de disipación de calor. Los rangos de temperaturas para chips de 35W y 50W están dentro de los parámetros permitidos en condiciones normales de carga o trabajo, mientras que para el chip de 100W esta disipación es insuficiente en todos los patrones.

**Tabla 3**

*Comparativa de disipación para chips con potencias de 35W, 50W y 100W con coeficiente de convección de 10 W/m<sup>2</sup>K*

	<b>Disipador de control</b>	<b>Disipador patrón 1</b>	<b>Disipador patrón 2</b>	<b>Disipador patrón 3</b>
Estudio de flujo térmico- convección forzada 10 W/m <sup>2</sup> K	Temperatura de equilibrio térmico promedio			
Chip de 35W	38.13°C	37.20°C	37.56°C	36.34°C
Chip de 50W	43.69°C	42.41°C	42.85°C	41.19°C
Chip de 100W	62.38°C	59.91°C	60.70°C	57.33°C

La Tabla 3 demuestra que al añadir un coeficiente de convección forzada mínima, es el patrón 3 el que tiene una mayor eficiencia de disipación de calor para los 3 chips bajo carga normal de trabajo.

**Tabla 4**

*Comparativa de estudio térmico transitorio bajo carga máxima de trabajo con convección natural 5 W/m<sup>2</sup>K*

Estudio térmico transitorio convección natural	Disipador de control		Disipador patrón 1		Disipador patrón 2		Disipador patrón 3	
	Tiempo en alcanzar temperatura máxima sostenida en horas	Temperatura máxima sostenida	Tiempo en alcanzar temperatura máxima sostenida en horas	Temperatura máxima sostenida	Tiempo en alcanzar temperatura máxima sostenida en horas	Temperatura máxima sostenida	Tiempo en alcanzar temperatura máxima sostenida en horas	Temperatura máxima sostenida
Chip de 35W	8.6 horas	58.379°C	7 horas	54.206°C	6.3 horas	53.622°C	6.3 horas	52.382°C
Chip de 50W	8.6 horas	72.684°C	6.3 horas	66.722°C	6 horas	65.888°C	7.6 horas	64.118°C
Chip de 100W	9 horas	120.368°C	7.3 horas	108.445°C	8 horas	106.777°C	7 horas	103.235°C

La Tabla 4 muestra los resultados del estudio térmico transitorio en convección natural con el chip bajo carga máxima de trabajo todo el tiempo, se observa que el patrón de control tarda más en alcanzar equilibrio térmico pero sus temperaturas son mayores, mientras que los disipadores con patrones perforados son más eficientes en disipar el calor, de estos el patrón 3 es el que mejores resultados obtuvo al disipar calor. Cabe destacar que en el chip de 100W ninguno es suficiente para mantener al chip dentro de los límites establecidos por debajo de los 100°C bajo condiciones de convección natural.

## Tabla 5

*Comparativa de estudio térmico transitorio bajo carga máxima de trabajo con convección forzada 10 W/m<sup>2</sup>K*

Estudio térmico transitorio convección forzada	Disipador de control		Disipador patrón 1		Disipador patrón 2		Disipador patrón 3	
	Tiempo en alcanzar temperatura máxima sostenida en horas	Temperatura máxima sostenida	Tiempo en alcanzar temperatura máxima sostenida en horas	Temperatura máxima sostenida	Tiempo en alcanzar temperatura máxima sostenida en horas	Temperatura máxima sostenida	Tiempo en alcanzar temperatura máxima sostenida en horas	Temperatura máxima sostenida
Chip de 35W	5 horas	43.494°C	3.6 horas	41.639°C	3.6 horas	41.965°C	4.3 horas	40.642°C
Chip de 50W	5 horas	51.420°C	4 horas	48.770°C	3.3 horas	49.235°C	3.6 horas	47.345°C
Chip de 100W	5.3 horas	77.840°C	4 horas	72.540°C	4 horas	73.471°C	4 horas	69.690°C

La Tabla 5 muestra los resultados del estudio térmico transitorio en convección forzada mínima con el chip bajo carga máxima de trabajo todo el tiempo, una vez más el patrón de control tarda más en alcanzar equilibrio térmico aunque la diferencia de tiempo con los demás disipadores se reduce, pero las temperaturas son superiores a la de los disipadores con patrones perforados.

El patrón 3 es el más eficiente en disipar el calor del chip. Esto se debe a que el patrón 3 cuenta con una combinación de superficie sin perforar y perforaciones de tamaño necesario que lo hacen más eficiente al disipar calor. Cabe mencionar que con convección forzada con un coeficiente bajo todos los disipadores pudieron mantener la temperatura del chip de 100W por debajo de los límites permitidos.

## **Conclusiones y discusión**

Por lo anterior, se puede concluir que cuando los chips trabaja bajo carga normal, existe una diferencia marginal entre los diferentes disipadores, sea en convección natural o convección forzada, es cuando el chip se encuentra bajo carga máxima de trabajo, que es cuando mayor calor se generará, donde los disipadores con perforaciones obtienen mejores resultados destaca el patrón 3 como el más eficiente al disipar calor, lo que asegura un correcto funcionamiento bajo condiciones de exigencia, una vida útil más larga para el chip, reducir riesgos de daños y mantener una carga de trabajo sostenida.

Por ello los disipadores con perforaciones permiten una mayor área de superficie expuesta, lo que facilita una mejor disipación del calor y una mayor eficiencia de enfriamiento en comparación con disipadores de calor convencionales lo que ayudará a mantener las temperaturas de funcionamiento de los dispositivos electrónicos dentro de límites seguros, también las perforaciones permiten diseñar disipadores de calor más ligeros y compactos lo que puede ser beneficioso en aplicaciones donde el peso y el tamaño son críticos.

Si bien estos resultados pueden demostrar que al contar con perforaciones en los disipadores los hace más eficientes en disipar el calor, se refuerza el planteamiento que una convección natural puede ser insuficiente para aplicaciones de alta potencia, lo que marca claramente una necesidad de aplicar métodos de convección forzada para asegurar una temperatura que permita el correcto funcionamiento de los chips, una vida útil prolongada y la estabilidad y eficiencia del sistema.

## Referencias

- Allegro microsystems. (1977 ). Computing ic temperature rise. Computing ic temperature rise [Archivo PDF]. Allegro microsystems. <https://www.allegromicro.com/-/media/files/application-notes/an295014-computing-ic-temperature-rise.pdf>
- Analog Devices. (2009). MT-093: Thermal Design Basics [Archivo PDF]. Analog Devices. <https://www.analog.com/media/en/training-seminars/tutorials/mt-093.pdf>
- Arrow Electronics. (2019). What are Heat Sinks? How Heat Sinks Work & Popular Types. Arrow Electronics. <https://www.arrow.com/en/research-and-events/articles/understanding-heat-sinks-functions-types-and-more>
- CADENCE PCB SOLUTIONS. (2022). Power Dissipated by a Resistor? Circuit Reliability and Calculation Examples. CADENCE. <https://resources.pcb.cadence.com/blog/2020-power-dissipated-by-a-resistor-circuit-reliability-and-calculation-examples>
- Chen, A., & Lo, R. H.Y. (2016). Semiconductor Packaging: Materials Interaction and Reliability (1st ed.). CRC Press.
- CYPRESS. (2015). Understanding Temperature Specifications: An Introduction. Understanding Temperature Specifications: An Introduction. INFINEON. [https://www.infineon.com/dgdl/Infineon-AN4017\\_Understanding\\_Temperature\\_Specifications\\_An\\_Introduction-ApplicationNotes-v11\\_00-EN.pdf?fileId=8ac78c8c7cdc391c017d071d497a2703](https://www.infineon.com/dgdl/Infineon-AN4017_Understanding_Temperature_Specifications_An_Introduction-ApplicationNotes-v11_00-EN.pdf?fileId=8ac78c8c7cdc391c017d071d497a2703)
- De Vogeleer, K., Memmi, G., Jouvelot, P., & Coelho, F. (2014). Modeling the Temperature Bias of Power Consumption for Nanometer-Scale CPUs in Application Processors [Archivo PDF]. arXiv. [https://www.researchgate.net/publication/261636138\\_Modeling\\_the\\_Temperature\\_Bias\\_of\\_Power\\_Consumption\\_for\\_Nanometer-Scale\\_CPUs\\_in\\_Application\\_Processors](https://www.researchgate.net/publication/261636138_Modeling_the_Temperature_Bias_of_Power_Consumption_for_Nanometer-Scale_CPUs_in_Application_Processors)
- García, V. (2009). Los disipadores de calor. – Electrónica Práctica Aplicada. Diario electrónico hoy.

<https://www.diarioelectronicohoy.com/blog/los-disipadores-de-calor>

Harris, M. (2021). IC Thermal Analysis: Thermal Management for Integrated Circuits. Altium Resources. <https://resources.altium.com/p/thermal-management-integrated-circuits>

Hernández, R., Fernández, C., y Baptista, P. (2014). Metodología de la Investigación. (6° Ed). McGrawHill

Intel. (2023). Information about Temperature for Intel® Processors. Intel. <https://www.intel.com/content/www/us/en/support/articles/000005597/processors.html>

Jacob, B., Ng, S. W., & Wang, D. T. (2008). OVERVIEW: On Memory Systems and Their Design [Archivo PDF]. ScienceDirect. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780123797513500023>

Naffziger, S., Stackhouse, B., Grutkowski, T., Josephson, D., Desai, J., Alon, E., & Horowitz, M. (2006). The implementation of a 2-core, multi-threaded itanium family processor. IEEE Journal of Solid-state circuits, 41(1), 197-209. 10.1109/JSSC.2005.859894

Pedram, M., & Nazarian, S. (2005). Maximum chip performance under peak permissible temperature limits may be achieved with the help of combined electrical and thermal simulation of VLSI circuits. Thermal Modeling, Analysis, and Management in VLSI Circuits: Principles and Methods, 94(8), 1488-1498. [https://weble.upc.edu/ifsin/Block5/paper\\_proc2.pdf](https://weble.upc.edu/ifsin/Block5/paper_proc2.pdf)

Peterson, Z. (2020). La temperatura de la placa de circuito impreso no se sobrecalienta con el software de diseño Smart Checking. Altium Resources. <https://resources.altium.com/es/p/pcb-temperature#las-altas-temperaturas-pueden-danar-la-integridad-de-la-placa>

Pozo, A., & Triviño, A. (2011). Disipación de calor. Academia. [https://www.academia.edu/22366023/DISIPACI%C3%93N\\_DE\\_CALOR](https://www.academia.edu/22366023/DISIPACI%C3%93N_DE_CALOR)

RAE. (2023). Chip . Definición . Diccionario de la lengua española. RAE - ASALE. <https://dle.rae.es/chip?m=form>

Shi, S., Wujie, W., Chaparro-Baquero, G. A., & Quan, G. (2019). Thermal-constrained energy effi-

cient real-time scheduling on multi-core platforms. *Parallel Computing*, 85, 231-242- <https://doi.org/10.1016/j.parco.2019.01.003>

Trick, C. (2022). What is a Heat Sink, and How Does it Work? Trenton Systems. <https://www.trentonsystems.com/blog/what-is-a-heat-sink>

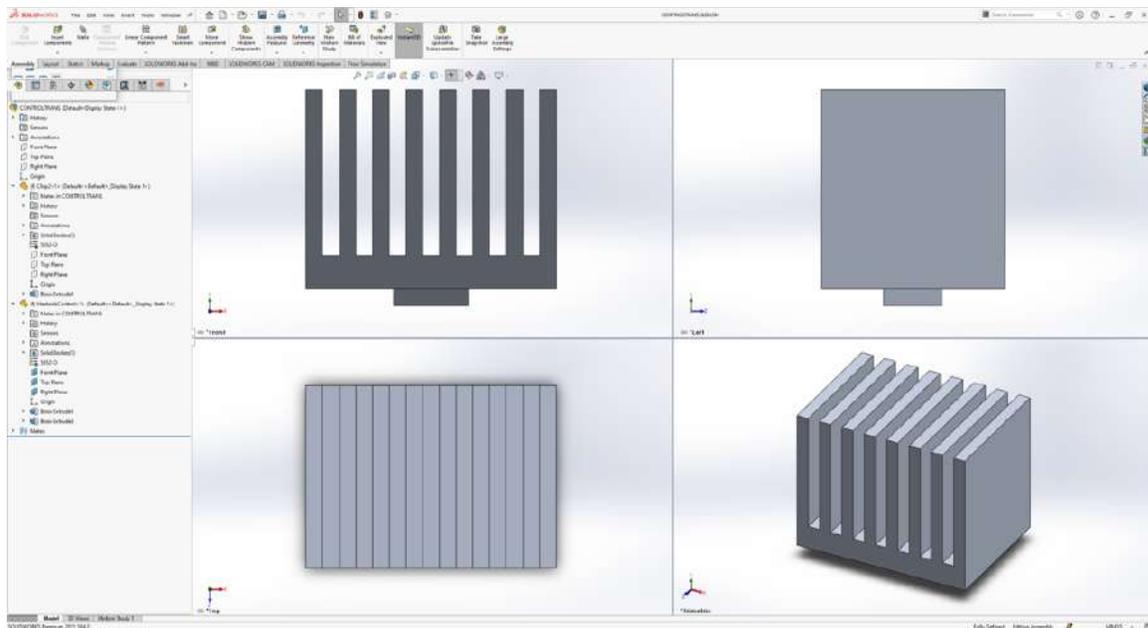
Tricker, R., & Tricker, S. (2019). Environmental Requirements for Electromechanical and Electronic Equipment. *Sciencedirect.com*. <https://doi.org/10.1016/B978-075063902-6.50005-X>

Yeap, K. H., Sayago Hoyos, J., & Sayago, J. (2020). *Integrated Circuits/Microchips*. IntechOpen. <http://dx.doi.org/10.5772/intechopen.83313>

## Anexos

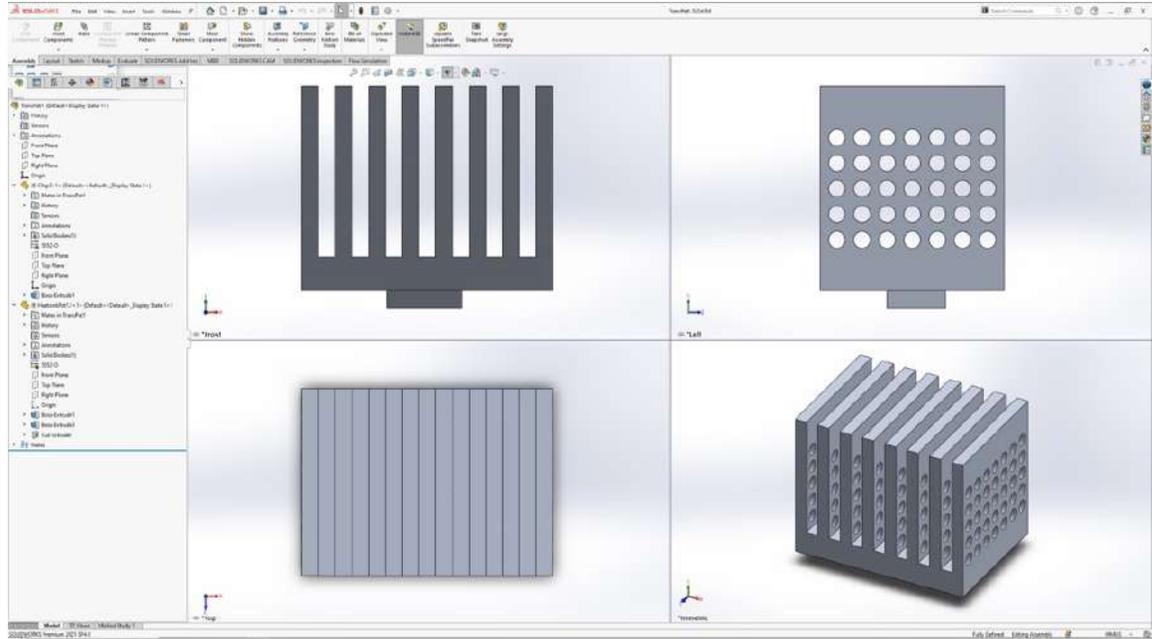
### Figura 1

#### *Disipador de control*



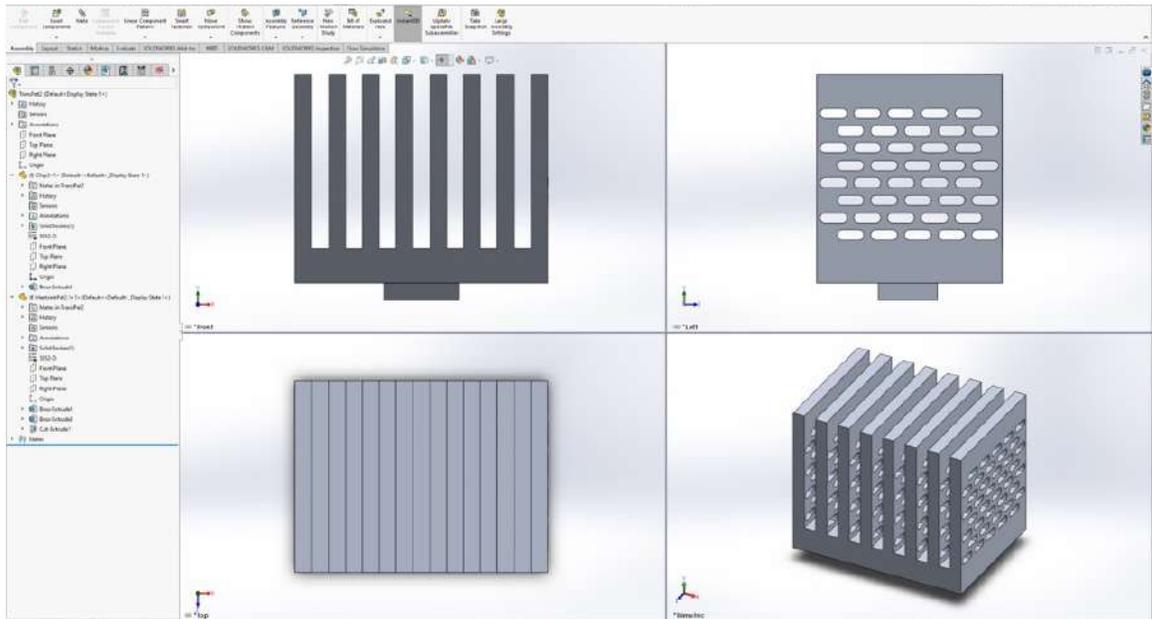
**Figura 2**

*Disipador con patrón 1*



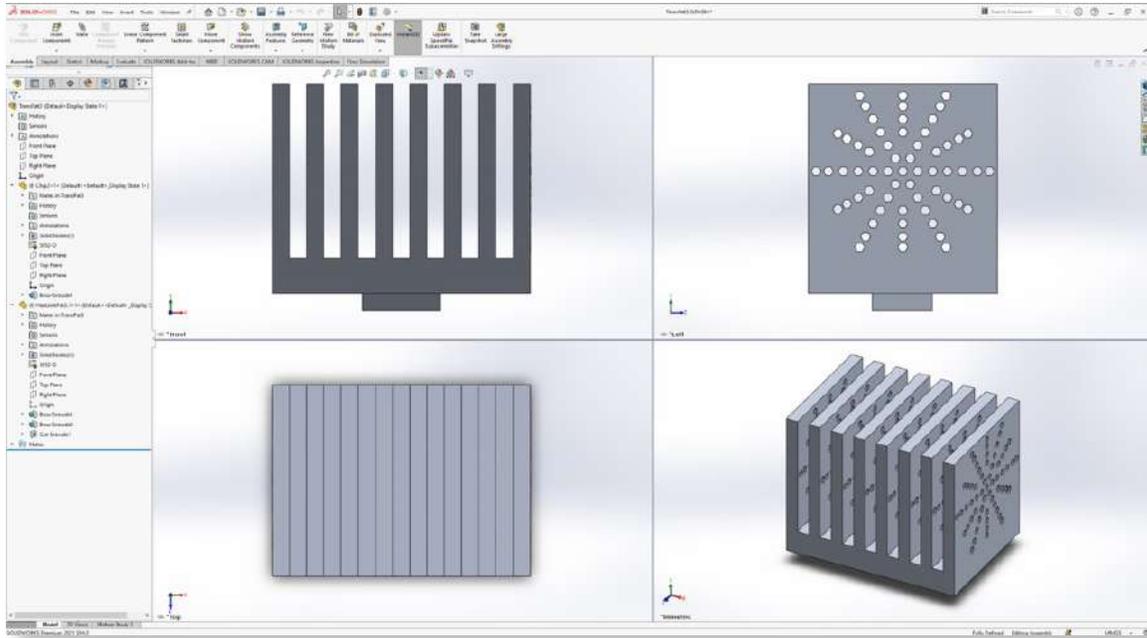
**Figura 3**

*Disipador con patrón 2*



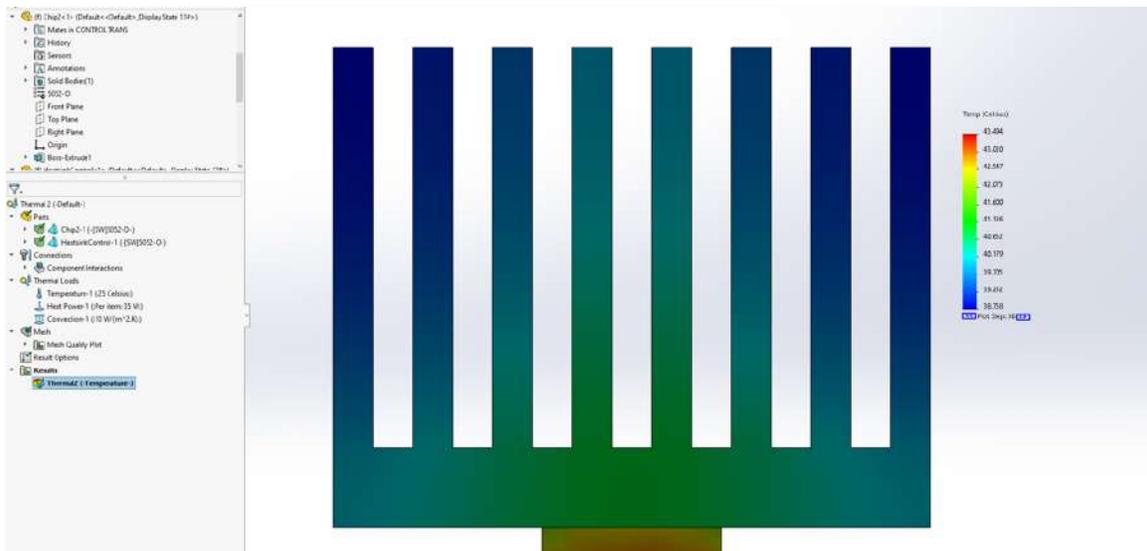
**Figura 4**

*Disipador con patrón 3*



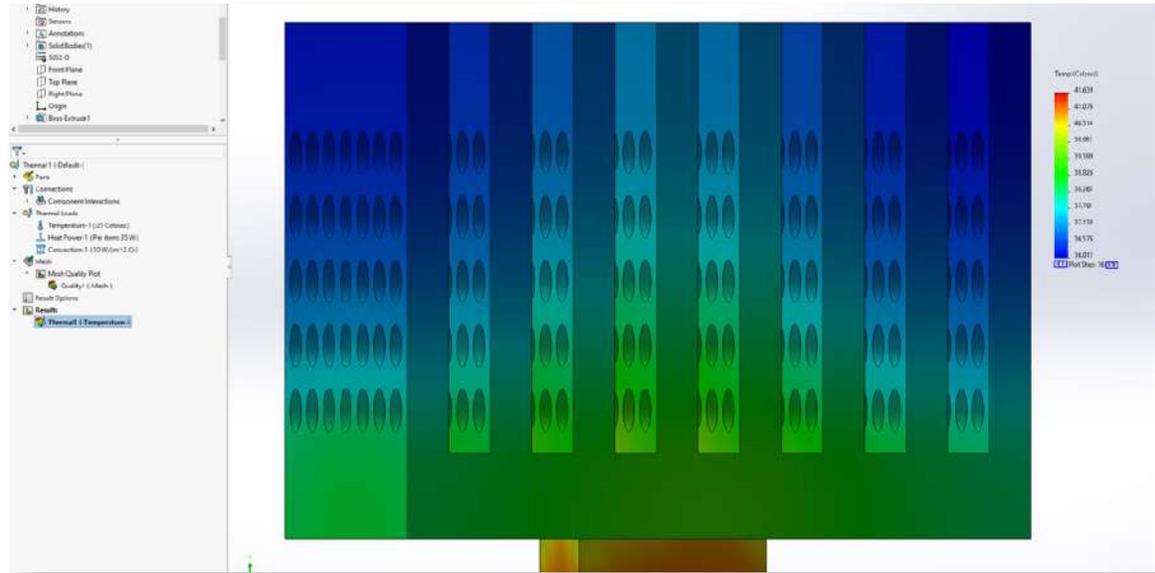
**Figura 5**

*Resultados de la simulación de disipación estudio térmico transitorio bajo carga máxima de trabajo con convección forzada ( $10 \text{ W/m}^2\text{K}$ ) para chip con potencia de  $35 \text{ W}$  del disipador de control*



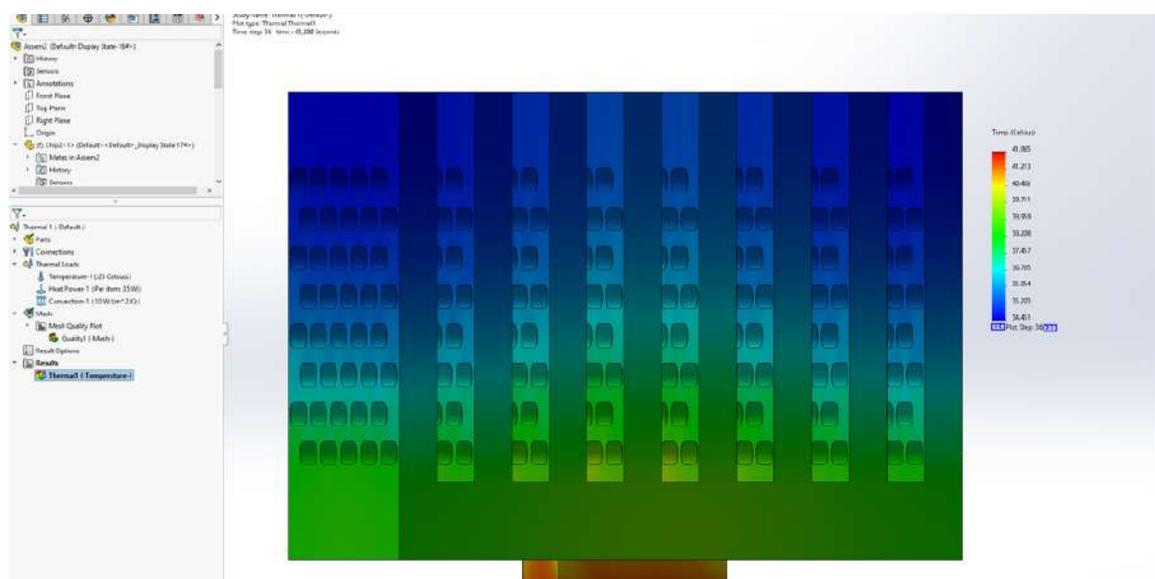
**Figura 6**

*Resultados de la simulación de disipación estudio térmico transitorio bajo carga máxima de trabajo con convección forzada ( $10 \text{ W/m}^2\text{K}$ ) para chip con potencia de 35 W del disipador con patrón 1*



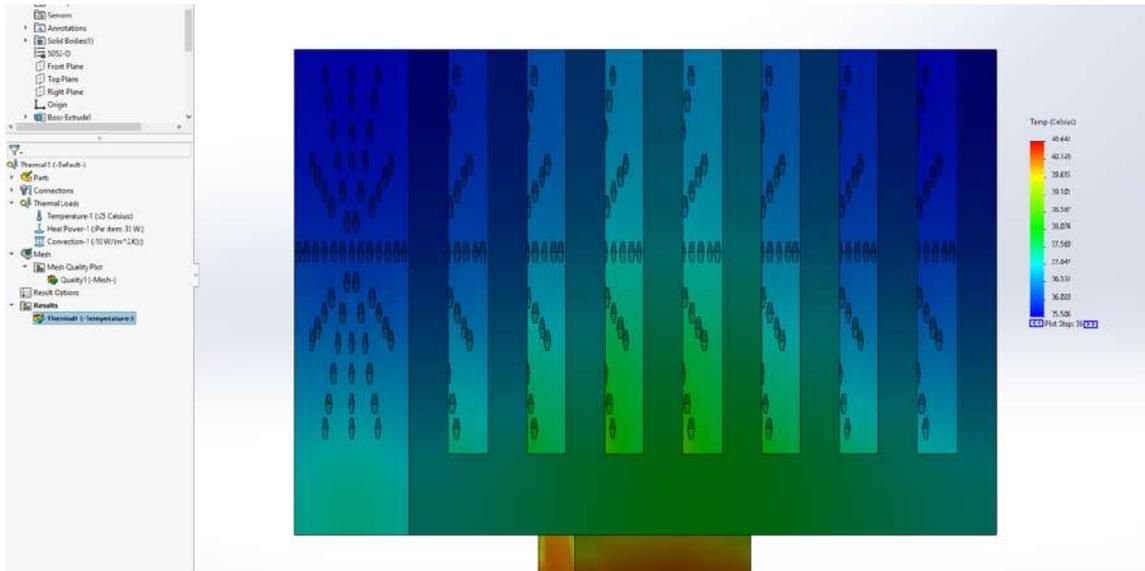
**Figura 7**

*Resultados de la simulación de disipación estudio térmico transitorio bajo carga máxima de trabajo con convección forzada ( $10 \text{ W/m}^2\text{K}$ ) para chip con potencia de 35 W del disipador con patrón 2*



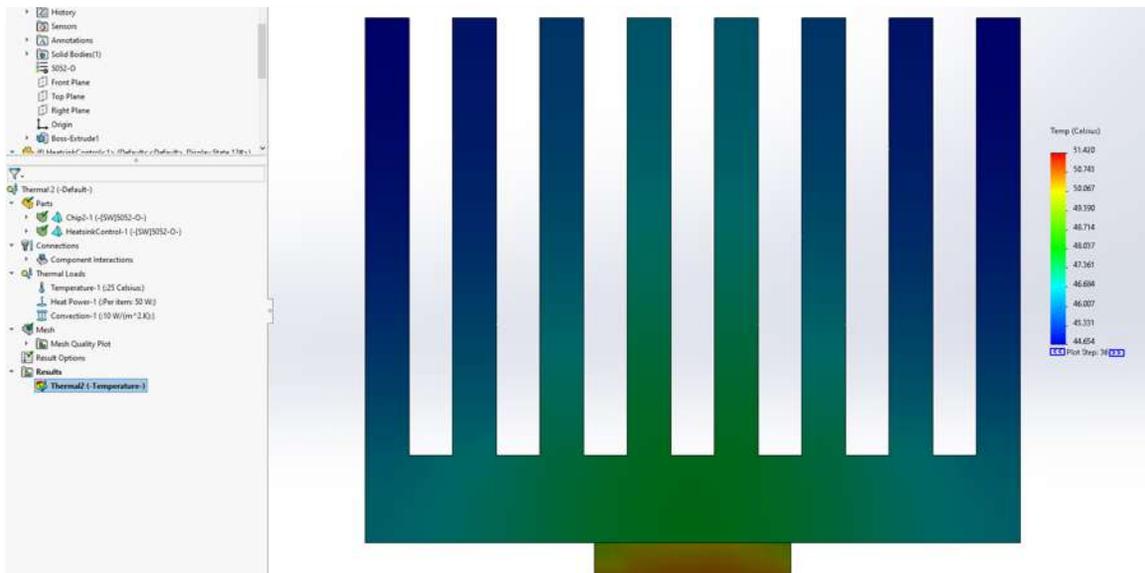
**Figura 8**

Resultados de la simulación de disipación estudio térmico transitorio bajo carga máxima de trabajo con convección forzada ( $10 \text{ W/m}^2\text{K}$ ) para chip con potencia de 35 W del disipador con patrón 3



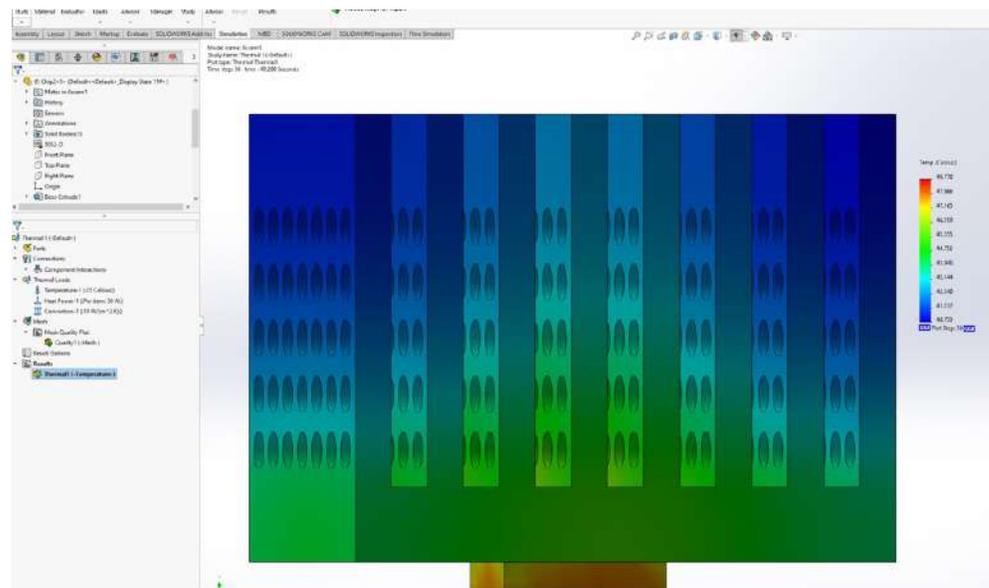
**Figura 9**

Resultados de la simulación de disipación estudio térmico transitorio bajo carga máxima de trabajo con convección forzada ( $10 \text{ W/m}^2\text{K}$ ) para chip con potencia de 50 W del disipador de control



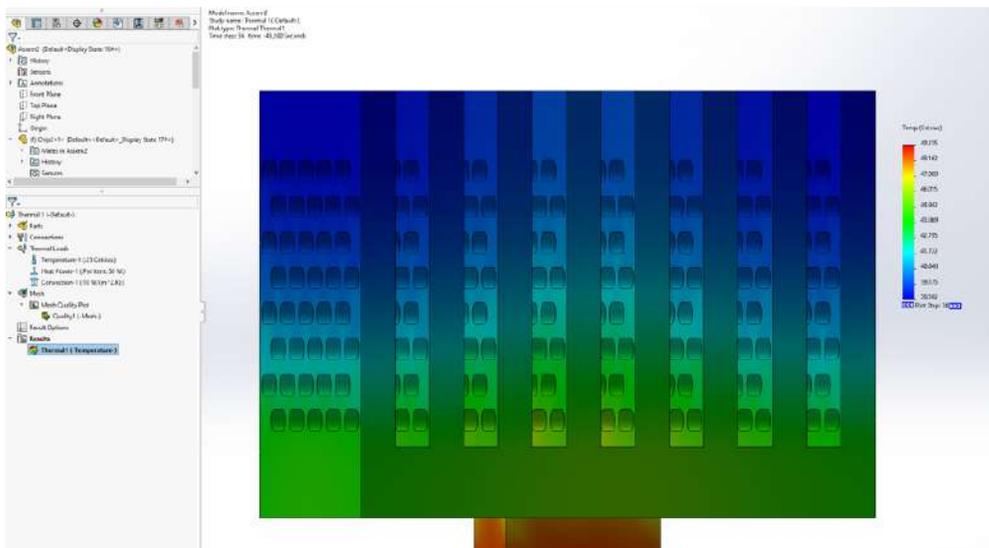
**Figura 10**

*Resultados de la simulación de disipación estudio térmico transitorio bajo carga máxima de trabajo con convección forzada ( $10 \text{ W/m}^2\text{K}$ ) para chip con potencia de 50 W del disipador con patrón 1*



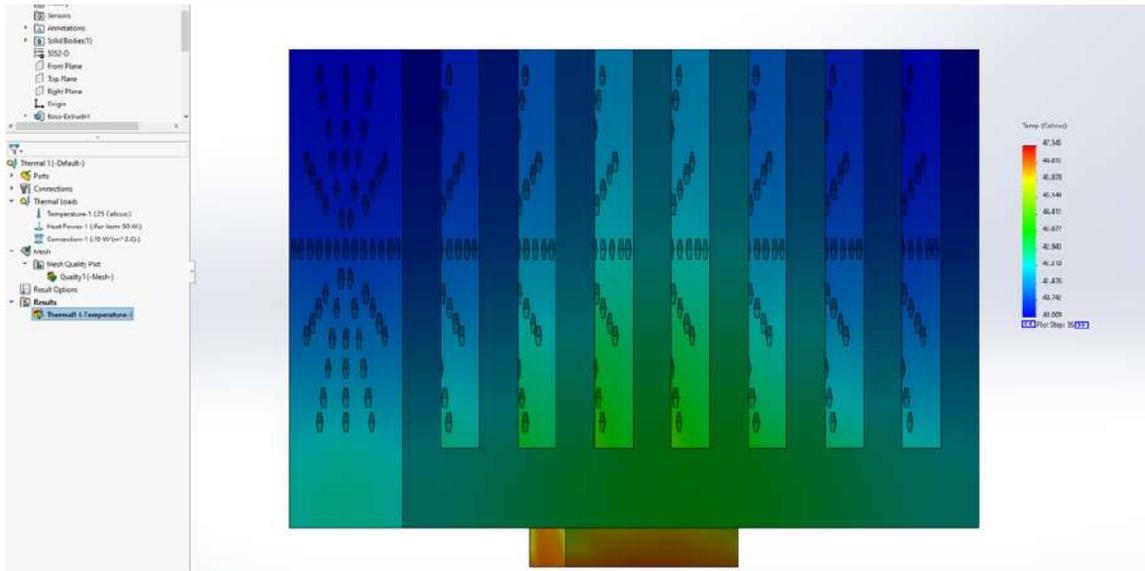
**Figura 11**

*Resultados de la simulación de disipación estudio térmico transitorio bajo carga máxima de trabajo con convección forzada ( $10 \text{ W/m}^2\text{K}$ ) para chip con potencia de 50 W del disipador con patrón 2*



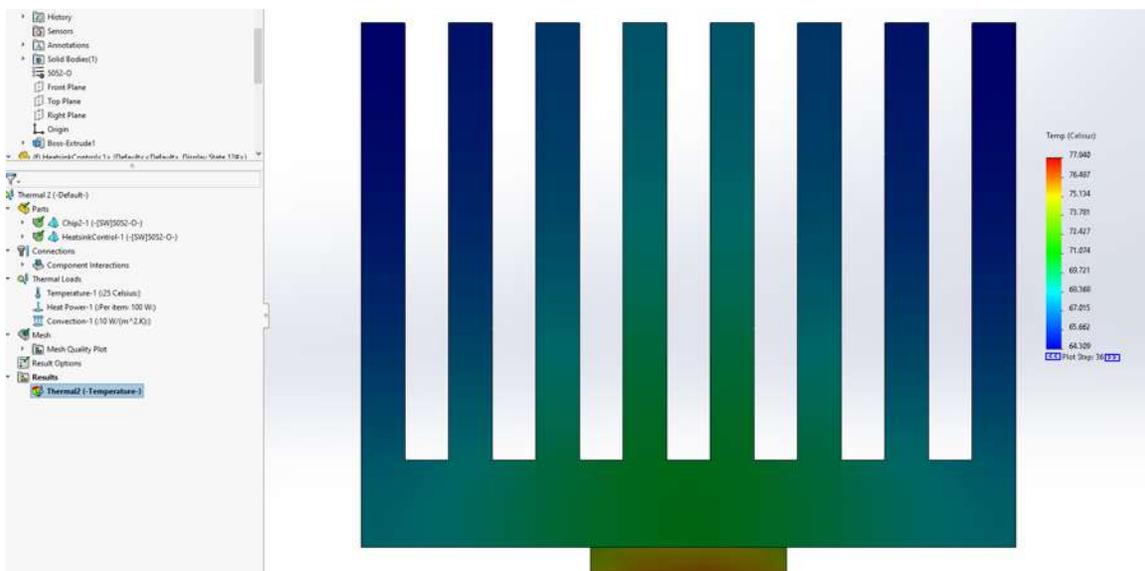
**Figura 12**

*Resultados de la simulación de disipación estudio térmico transitorio bajo carga máxima de trabajo con convección forzada ( $10 \text{ W/m}^2\text{K}$ ) para chip con potencia de 50 W del disipador con patrón 3*



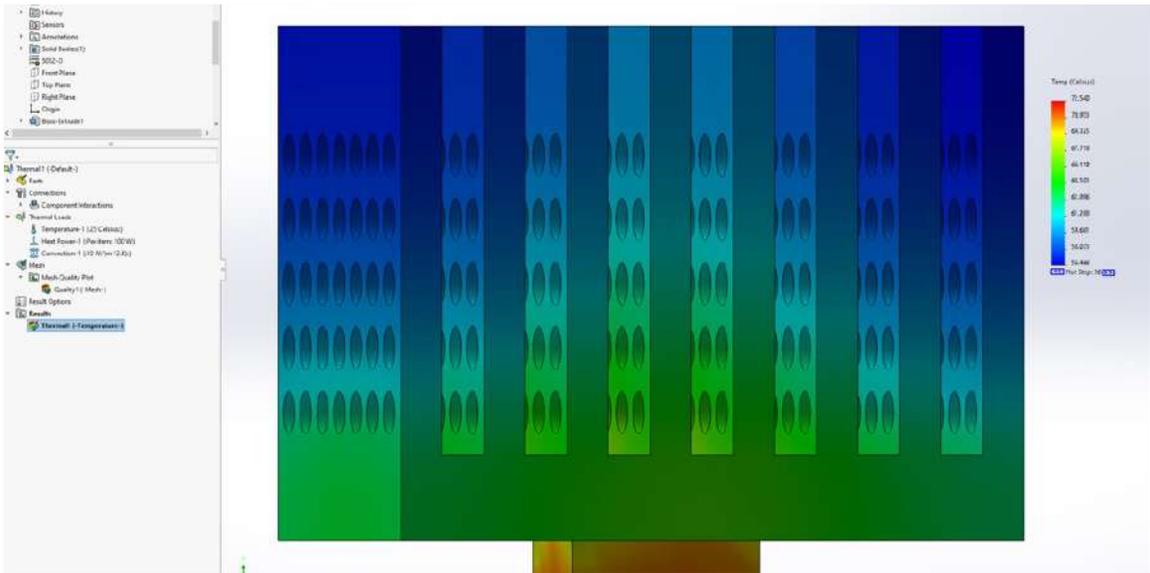
**Figura 13**

*Resultados de la simulación de disipación estudio térmico transitorio bajo carga máxima de trabajo con convección forzada ( $10 \text{ W/m}^2\text{K}$ ) para chip con potencia de 100 W del disipador de control*



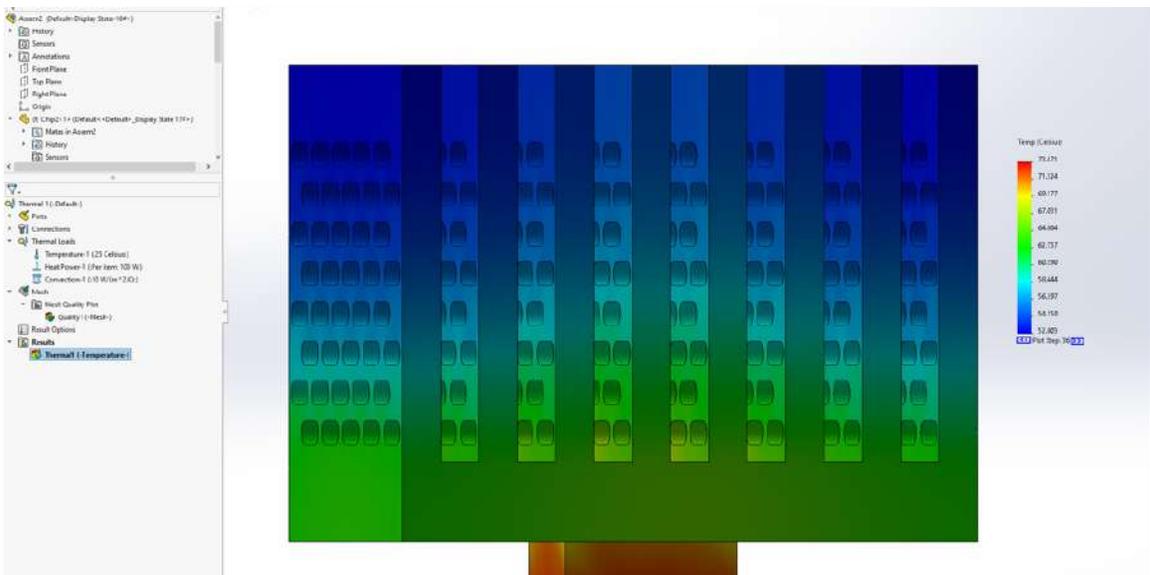
**Figura 14**

*Resultados de la simulación de disipación estudio térmico transitorio bajo carga máxima de trabajo con convección forzada ( $10 \text{ W/m}^2\text{K}$ ) para chip con potencia de 100 W del disipador con patrón 1*



**Figura 15**

*Resultados de la simulación de disipación estudio térmico transitorio bajo carga máxima de trabajo con convección forzada ( $10 \text{ W/m}^2\text{K}$ ) para chip con potencia de 100 W del disipador con patrón 2*



**Figura 16**

*Resultados de la simulación de disipación estudio térmico transitorio bajo carga máxima de trabajo con convección forzada ( $10 \text{ W/m}^2\text{K}$ ) para chip con potencia de  $100 \text{ W}$  del disipador con patrón 3*

