

LA CIENCIA DETRÁS DE LOS RADIADORES: LA TRANSFERENCIA DE CALOR

Juan Mauricio Trenado Herrera*, Crisanto Mendoza Covarrubias, Gildardo Solorio Díaz
Facultad de Ingeniería Mecánica, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo
*Contacto: 1597281H@umich.mx

La ciencia detrás de los radiadores: La transferencia de calor

RESUMEN

El radiador es un componente esencial en la regulación térmica del motor, evitando su sobrecalentamiento. Para comprender su importancia, podemos compararlo con un atleta corriendo una maratón: así como el atleta necesita hidratarse constantemente, el motor requiere un sistema de refrigeración eficiente. Este estudio analiza la transferencia de calor entre el agua caliente y el aire en un radiador, destacando la influencia de los materiales y la geometría en su eficiencia. Se realizaron simulaciones en Dinámica de Fluidos Computacional (CFD) para evaluar el desempeño del radiador con láminas de aluminio y tubos de cobre. Estos resultados ayudan a modelar radiadores más eficientes, aumentando la fiabilidad y vida útil de los motores, además de reducir el consumo de combustible y minimizar las emisiones contaminantes.

Palabras clave: Radiador, Dinámica de Fluidos Computacional (CFD), Transferencia de calor, Sobrecalentamiento del motor.



EL PROPÓSITO FUNDAMENTAL DEL RADIADOR



El buen funcionamiento de un motor depende de la capacidad del radiador para mantener una temperatura adecuada de refrigeración. Los radiadores son componentes clave en sistemas de enfriamiento, particularmente en vehículos automotrices. El radiador es responsable de eliminar el calor generado, permitiendo un funcionamiento adecuado sin sobrecalentamiento [1]. Para este estudio se analizó el caso de motores de 4.1 litros, este tamaño de motor es común en aplicaciones automotrices como camionetas, vehículos comerciales ligeros y maquinaria agrícola, lo que resalta la aplicabilidad de los resultados [2, 3]. Además, los principios estudiados pueden extenderse a otros sistemas de refrigeración con requisitos similares. El presente trabajo examina cómo las características del agua y del aire, así como los materiales del radiador, influyen en su funcionamiento térmico. El agua caliente se mueve desde el motor hacia el radiador, donde se enfría mediante el movimiento del aire antes de regresar al motor. El software de CFD se utiliza para analizar el modelado del radiador, materiales y las condiciones del flujo de agua y aire, proporcionando una comprensión detallada del comportamiento térmico del sistema (ver Figura 1) [4, 5].

Figura 1. Modelado del tubo mediante CFD.
Elaboración propia mediante Ansys Fluent

FLUJO DEL AGUA, AIRE Y MATERIALES UTILIZADOS EN EL RADIADOR

El modelado eficiente de un radiador requiere comprender el movimiento del agua y aire, así como las características de los materiales utilizados. El agua, como principal portador del calor, reduce su temperatura al cederlo al aire. Este proceso genera una caída de presión debido a la resistencia que encuentran el flujo de agua y aire al atravesar el radiador, aspecto crucial para maximizar el aprovechamiento del calor y reducir las pérdidas energéticas [6]. Por su parte, el aire absorbe el calor del agua, incrementando su temperatura al circular a través del radiador; además, velocidades mayores de aire aumentan la eficiencia térmica [2]. Los materiales como el cobre son empleados en los tubos debido a su alta conductividad térmica, facilitando la transferencia efectiva del calor desde el agua hacia las láminas de aluminio, que poseen ventajas en ligereza y capacidad térmica [7, 8].

PRUEBAS Y RESULTADOS VIRTUALES CON EL SOFTWARE DE CFD

Las pruebas virtuales mediante CFD son herramientas esenciales para analizar y mejorar diseños de radiadores. Estas simulaciones requieren datos precisos sobre las condiciones iniciales del flujo de agua y aire, incluyendo temperaturas y velocidades. Al ingresar agua caliente en los tubos del radiador, transfiere su calor hacia el aire que circula entre las láminas, disminuyendo gradualmente su temperatura. La velocidad del agua determina el tiempo de contacto con las superficies internas, influyendo directamente en la eficiencia térmica [3]. También se muestra como las láminas aumentan la superficie de contacto y la potencia en la transferencia térmica, minimizando pérdidas de presión en el flujo de aire (ver Figura 2).

En la Figura 3 y 4 se observa la calidad del mallado utilizado en las simulaciones CFD, el cual es determinante para obtener resultados precisos. Mallados más refinados permiten capturar con mayor detalle los flujos térmicos y dinámicos [5], logrando una distribución uniforme de la temperatura a lo largo del radiador, lo que refleja un diseño eficiente.

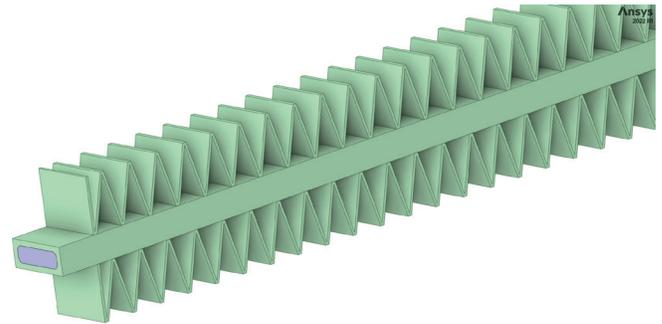


Figura 2. Modelado del tubo con las láminas del radiador mediante CFD. Elaboración propia mediante Ansys Fluent

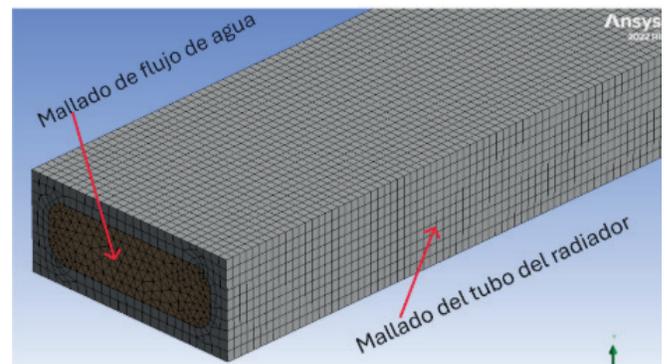


Figura 3. Mallado del tubo del radiador mediante CFD. Elaboración propia mediante Ansys Fluén

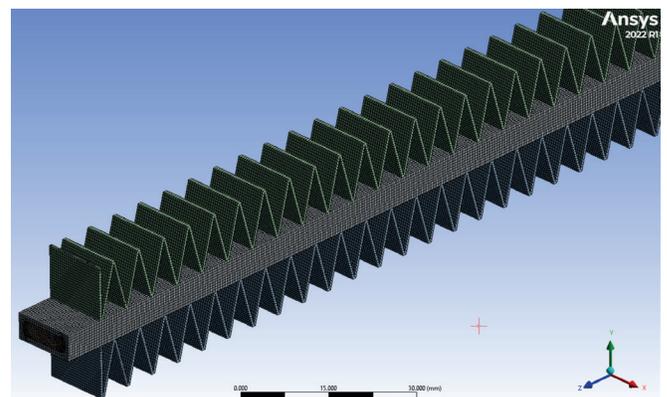


Figura 4. Mallado del tubo con las láminas del radiador mediante CFD. Elaboración propia mediante Ansys Fluent

En la Figura 5, se presenta la distribución térmica del tubo del radiador: la imagen izquierda muestra la alta temperatura del tubo en la entrada, mientras que la imagen de la derecha muestra la reducción significativa de temperatura en la salida, indicando una eficiente disipación de calor a través de los tubos.

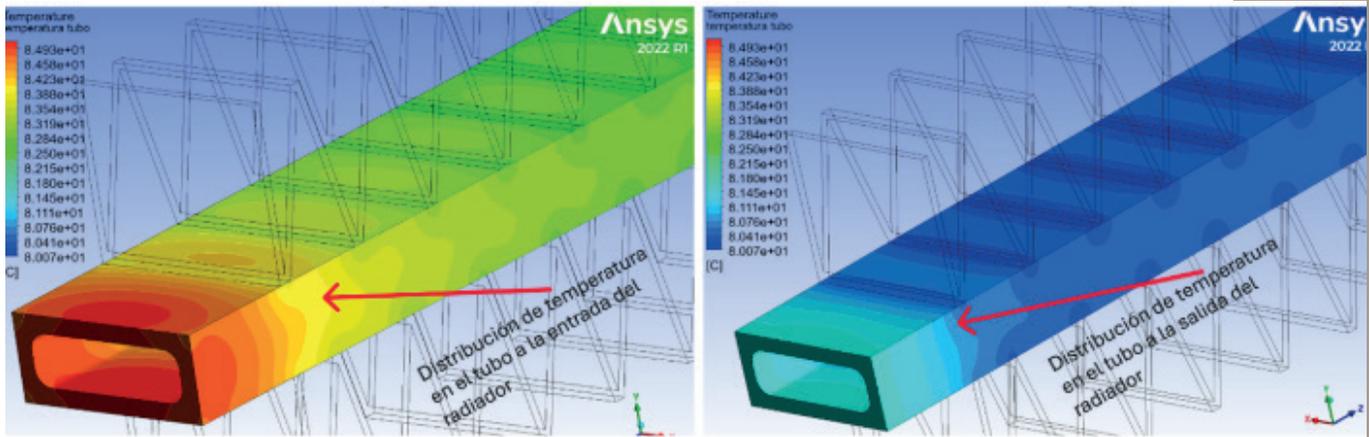


Figura 5. Distribución de temperatura en el tubo: a la izquierda temperatura en la entrada; a la derecha temperatura en la salida. Elaboración propia mediante Ansys Fluent

En la Figura 6, se observa claramente cómo el agua ingresa con una temperatura elevada y sale significativamente más fría, visualizando una eficiente disipación del calor y garantizando que el motor opere dentro de límites seguros de temperatura.

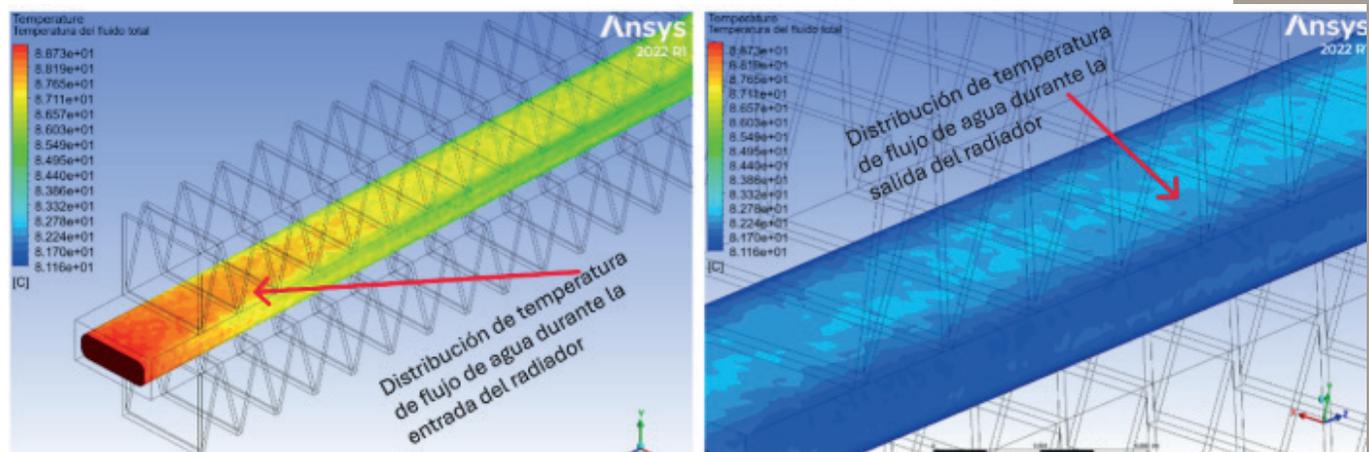
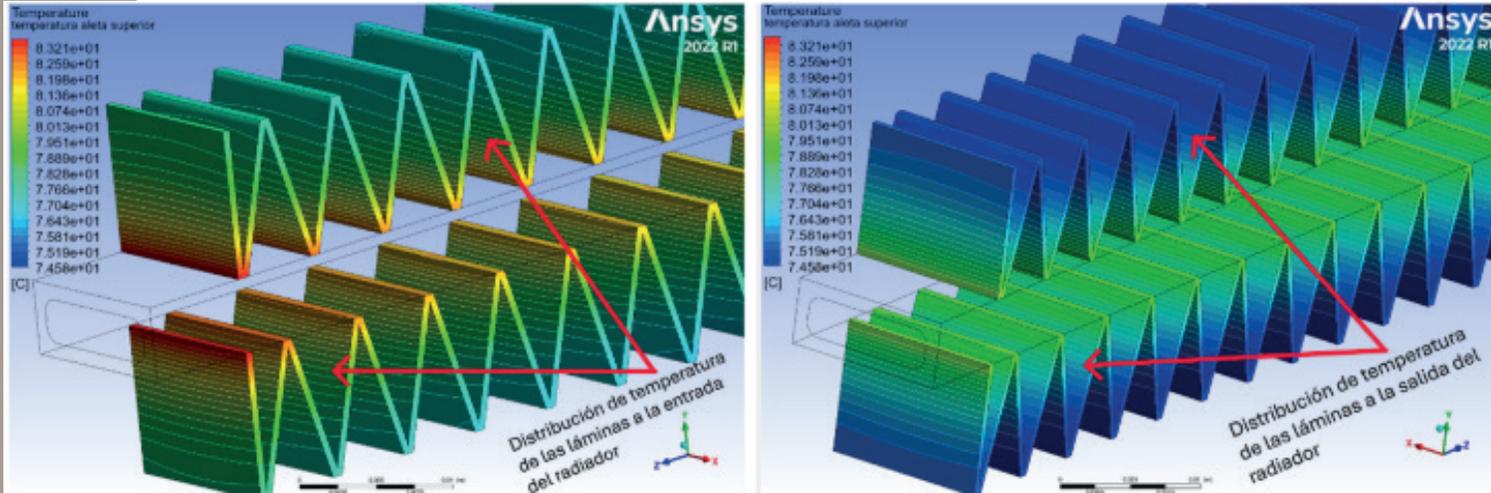


Figura 6. Temperatura final del fluido (agua): a la izquierda temperatura en la entrada; a la derecha temperatura en la salida. Elaboración propia mediante Ansys Fluent

Adicionalmente, la Figura 7, ilustra la disminución gradual de temperatura en las láminas metálicas, indicando una disipación efectiva del calor hacia el aire.

Figura 7. Temperatura final de las láminas: a la izquierda temperatura en la entrada; a la derecha temperatura en la salida. Elaboración propia mediante Ansys Fluent



Finalmente, la Figura 8, muestra cómo la temperatura del agua disminuye cerca de las paredes del tubo y se mantiene ligeramente mayor en su parte central, demostrando una adecuada gestión térmica del sistema [1].

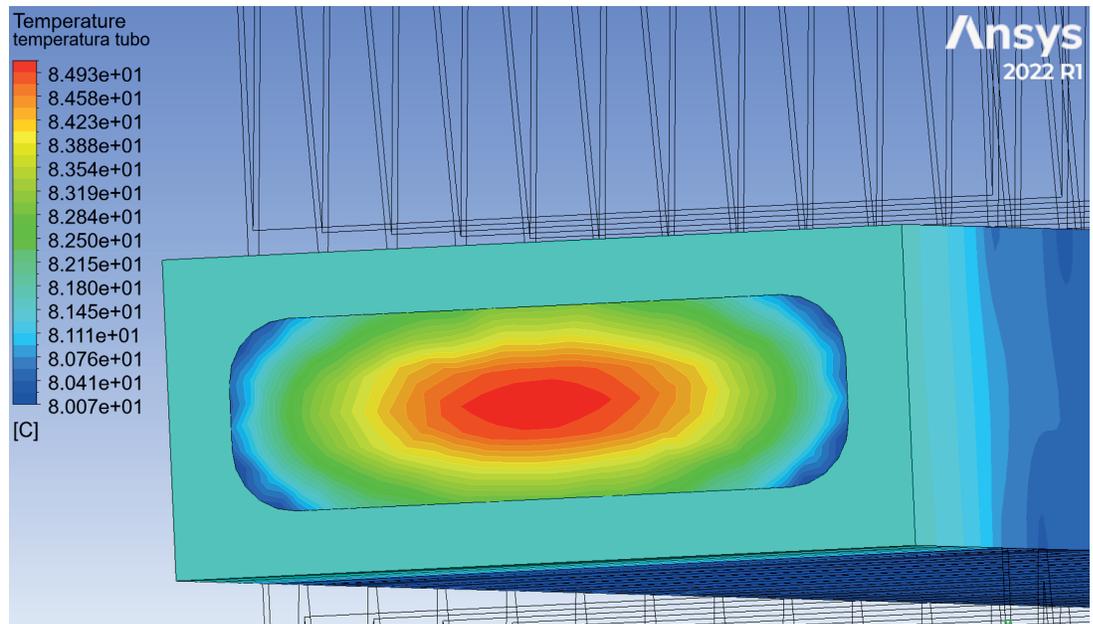
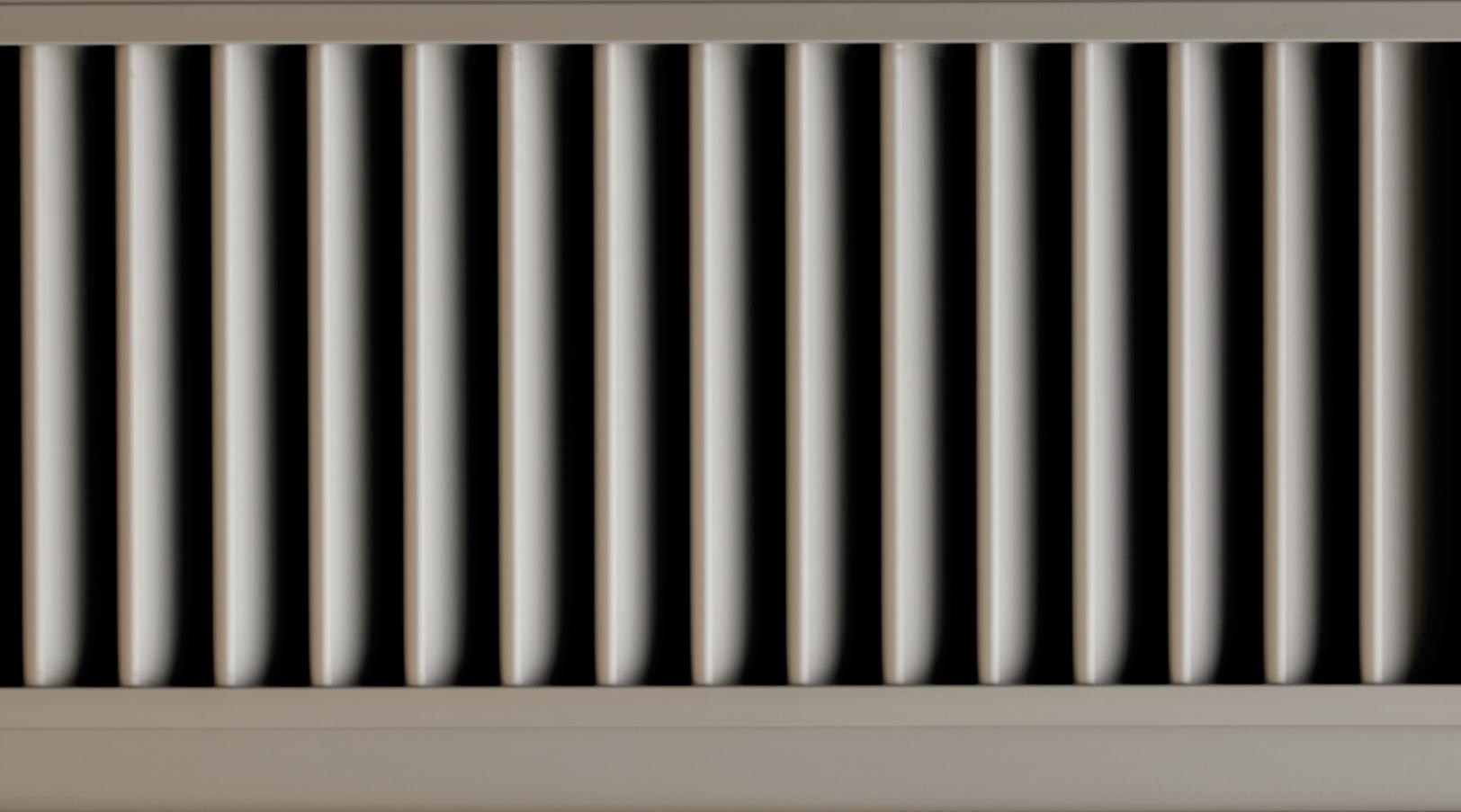


Figura 8. Temperatura final del flujo del agua a la salida. Elaboración propia mediante Ansys Fluent

Conclusión

Este estudio muestra que, si el radiador está bien diseñado, ayuda a enfriar mejor el motor y a que funcione sin calentarse. Elegir adecuadamente la forma de los tubos, las láminas y los materiales permite que el sistema sea más eficiente, reduciendo el consumo de combustible y las emisiones contaminantes [7, 2, 8]. Estos beneficios no solo mejoran el rendimiento de los vehículos, sino que también contribuyen al cuidado del medio ambiente. A futuro, se podrían estudiar recubrimientos térmicos, nuevas aleaciones y sistemas híbridos de refrigeración para seguir mejorando su funcionamiento [7, 3]. En conjunto, estos resultados sientan las bases para el diseño de radiadores más eficientes, no solo en el sector automotriz, sino también en otras áreas que requieren control térmico confiable [4, 1].



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Najman, O. A., Khadhim, Z. K., & Khalaf, K. A. (2022). Numerical investigation on enhancing heating performance in automotive radiator. *Wasit Journal of Engineering Sciences*, 10(3). <https://doi.org/10.31185/ejuow.Vol10.Iss3.384>
2. Jabbar, A., Kadhim, Z., & Khalaf, K. (2024). Effect of the tube material on the thermal performance of automobile (radiator) of cooling system. *Wasit Journal of Engineering Sciences*, 12, 81–93. <https://doi.org/10.31185/ejuow.Vol12.Iss3.553>
3. Zuñiga-Cerroblanco, J. L., Collazo-Barrientos, J., Hernandez-Guerrero, A., & Hortelano Capetillo, J. (2020). Thermal and hydraulic analysis of different tube geometries to improve the performance of an automotive radiator. *Revista de Ingeniería Industrial*, 11(4), 13–23. <https://doi.org/10.35429/JIE.2020.11.4.13.23>
4. Garelli, L., Ríos Rodriguez, G., Dorella, J. J., & Storti, M. A. (2019). Heat transfer enhancement in panel type radiators using delta-wing vortex generators. *International Journal of Thermal Sciences*, 137, 64–74. <https://doi.org/10.1016/j.ijthermalsci.2018.10.037>
5. Sahel, D., Ameer, H., & Mellal, M. (2020). Effect of tube shape on the performance of a fin and tube heat exchanger. *Journal of Mechanical Engineering and Sciences*, 14(2), 6709–6718. <https://doi.org/10.15282/JMES.14.2.2020.13.0525>
6. Razzaghi, P., Ghassabian, M., Daemiashezari, M., Abdulfattah, A., Hassanzadeh, H., & Ahmad, H. (2022). Thermo-hydraulic performance evaluation of turbulent flow and heat transfer in a twisted flat tube: A CFD approach. *Case Studies in Thermal Engineering*, 38, 102107. <https://doi.org/10.1016/j.csite.2022.102107>
7. Chen, H., Liu, Y., & Zhang, X. (2023). Enhanced heat transfer in finned-tube radiators with variable fin spacing: A numerical study. *Journal of Thermal Science and Engineering Applications*, 16(3), 321–337. <https://doi.org/10.1115/1.4057245>
8. Wang, F., et al. (2023). Comprehensive evaluation of the performances of heat exchangers with aluminum and copper finned tubes. *International Journal of Chemical Engineering*, 2023, Article ID 6666947. <https://doi.org/10.1155/2023/6666947>