

Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinaria, Ciudad de México, México.

ISSN 2707-2207 / ISSN 2707-2215 (en línea), enero-febrero 2026,

Volumen 10, Número 1.

https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v10i1

DISIPACIÓN TÉRMICA EN CARCASAS MECATRÓNICAS FABRICADAS CON MATERIALES DE BAJO COSTO BAJO DISTINTAS CONDICIONES DE CONVECCIÓN NATURAL

**VIABILITY OF EGG LAYING AND HATCHING RATE OF THE
MAYAN APPLE SNAIL *POMACEA FLAGELLATA* (SAY, 1827)
IN CAPTIVITY**

Hernán Vinicio Morales Villegas
Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE

Javier Conde Castillo
Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE

Shannon Christinne Garzón Chiriboga
Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE

Jhason Ariel Armijos Soto
Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE

Lenin Gamaliel Yar Vallejo
Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE

DOI: https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v10i1.22422

Disipación Térmica en Carcasas Mecatrónicas Fabricadas con Materiales de Bajo Costo Bajo Distintas Condiciones de Convección Natural

Hernán Vinicio Morales Villegas¹

hvmorales@espe.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0001-8211-1238>

Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE
Ecuador

Shannon Christinne Garzón Chiriboga

scgarzon1@espe.edu.ec

<https://orcid.org/0009-0002-3902-3982>

Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE

Lenin Gamaliel Yar Vallejo

lgyar@espe.edu.ec

<https://orcid.org/0009-0002-2963-2944>

Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE

Javier Conde Castillo

jeconde@espe.edu.ec

<https://orcid.org/0009-0006-3961-1855>

Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE

Jhason Ariel Armijos Soto

jaarmijos6@espe.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0002-3563-8691>

Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE

RESUMEN

El incremento sostenido de la densidad de potencia en sistemas mecatrónicos ha vuelto crítica la gestión térmica. Cuando el calor generado por microcontroladores, drivers, fuentes conmutadas o módulos de potencia no se evacúa adecuadamente, la temperatura interna aumenta, se acelera el envejecimiento de los componentes, se degradan soldaduras y encapsulados y crece la probabilidad de fallas prematuras, comprometiendo la confiabilidad operativa. En este trabajo se desarrolla un modelo teórico de transferencia de calor conjugada para analizar carcasas de bajo costo. El enfoque integra, de manera acoplada, la conducción a través de las paredes de la carcasa y la convección natural del aire contenido en su interior, representando el intercambio térmico entre sólido y fluido. Con base en este marco se implementan simulaciones numéricas en SolidWorks Flow Simulation, definiendo condiciones de operación representativas, materiales candidatos para la carcasa y fuentes de calor equivalentes asociadas a los componentes. Los resultados permiten obtener mapas de temperatura y gradientes térmicos, identificar rutas de flujo por flotabilidad, zonas de recirculación y regiones de estancamiento, así como localizar puntos calientes críticos. Además, se evalúa el impacto del material y del espesor de la carcasa sobre la resistencia térmica global y la eficiencia de disipación. Finalmente, se derivan lineamientos de diseño: seleccionar materiales con mayor conductividad térmica, mejorar la distribución interna para facilitar la circulación del aire y aplicar soluciones simples y económicas que reduzcan la temperatura máxima sin incrementar de forma significativa el costo. Estos criterios sirven como guía inicial para diseñar prototipos y comparar alternativas.

Palabras clave: transferencia de calor, convección natural, carcasas mecatrónicas, disipación térmica, simulación numérica

¹ Autor principal

Correspondencia: hvmorales@espe.edu.ec

Thermal Dissipation in Mechatronic Enclosures Manufactured with Low-Cost Materials under Different Natural Convection Conditions

ABSTRACT

The sustained increase in power density in mechatronic systems has made thermal management critical. When the heat generated by microcontrollers, drivers, switched-mode power supplies, or power modules is not properly removed, the internal temperature rises, component aging accelerates, solder joints and packages degrade, and the likelihood of premature failures increases, compromising operational reliability. In this work, a theoretical conjugate heat transfer model is developed to analyze low-cost enclosures. The approach couples heat conduction through the enclosure walls with natural convection of the air contained inside, representing the heat exchange between solid and fluid. Based on this framework, numerical simulations are implemented in SolidWorks Flow Simulation, defining representative operating conditions, candidate enclosure materials, and equivalent heat sources associated with the components. The results make it possible to obtain temperature maps and thermal gradients, identify buoyancy-driven flow paths, recirculation zones and stagnation regions, and locate critical hot spots. In addition, the impact of the enclosure material and thickness on overall thermal resistance and dissipation efficiency is evaluated. Finally, design guidelines are derived: selecting materials with higher thermal conductivity, improving the internal layout to facilitate air circulation, and applying simple, low-cost solutions that reduce the maximum temperature without significantly increasing cost. These criteria serve as an initial guide for designing prototypes and comparing alternatives.

Keywords: heat transfer, natural convection, mechatronic enclosures, thermal dissipation, numerical simulation

*Artículo recibido 10 diciembre 2025
Aceptado para publicación: 10 enero 2026*



INTRODUCCIÓN

La evolución de los sistemas mecatrónicos en las últimas décadas se ha caracterizado por una integración cada vez mayor de funciones electrónicas, de control y de comunicación en volúmenes reducidos. Esta tendencia, impulsada por la demanda de dispositivos más compactos, eficientes y con mayores prestaciones, ha incrementado de manera significativa la densidad de componentes electrónicos y, por ende, la generación de calor dentro de los ensamblajes. En aplicaciones industriales, educativas y de prototipado, es común que estos sistemas se alojen en carcasa cerradas o semiselladas de bajo costo, fabricadas con materiales poliméricos o metálicos delgados, donde el intercambio térmico con el ambiente es limitado. En este escenario, la gestión térmica se convierte en un factor determinante para garantizar el desempeño, la seguridad y la vida útil del sistema.

El sobrecaleamiento afecta directamente la confiabilidad: temperaturas elevadas aceleran procesos de degradación en semiconductores, reducen la eficiencia de fuentes de alimentación, alteran la respuesta de sensores y pueden provocar fallas en soldaduras, pistas o conectores. Además, el calentamiento local (puntos calientes) genera esfuerzos térmicos por dilatación diferencial, lo que puede derivar en fisuras, deformaciones o pérdida de contacto eléctrico. En consecuencia, el diseño térmico no debe considerarse un aspecto secundario, sino un requisito esencial desde las etapas iniciales del desarrollo, especialmente cuando se busca mantener costos bajos sin sacrificar robustez.

En muchas carcasa mecatrónicas económicas, la disipación se produce principalmente por dos mecanismos: la conducción a través de las paredes del encapsulado y la convección natural del aire interno, originada por diferencias de densidad asociadas al calentamiento. La convección natural, aunque suele ser menos efectiva que la convección forzada, puede desempeñar un papel importante en recintos cerrados, definiendo trayectorias de circulación, zonas de recirculación y regiones de aire estancado que influyen en la distribución de temperaturas. Por otra parte, el material de la carcasa y su geometría (espesor, área disponible, presencia de aletas, ventilaciones o superficies de contacto) determinan la resistencia térmica global y el nivel de evacuación hacia el exterior.

Bajo este contexto, el presente trabajo propone el desarrollo de un modelo teórico de transferencia de calor conjugada, que permita representar el acoplamiento entre la conducción en el sólido (carcasa) y la convección en el fluido (aire interno). Sobre esta base, se implementan simulaciones numéricas en



SolidWorks Flow Simulation para estudiar el comportamiento térmico de una carcasa representativa, considerando condiciones de operación típicas y materiales alternativos. El objetivo es identificar distribuciones térmicas, patrones de flujo por convección natural y la influencia del material en la eficiencia de disipación, con el fin de establecer criterios prácticos y lineamientos de diseño aplicables a carcasa mecatrónicas de bajo costo.

METODOLOGÍA

La metodología empleada en este estudio se basa en la construcción de un modelo tridimensional representativo de una carcasa mecatrónica típica, diseñada en SolidWorks. La geometría corresponde a un recinto cerrado de forma rectangular con dimensiones aproximadas de $100 \times 80 \times 50$ mm, y paredes de espesor uniforme de 2 mm, fabricadas conceptualmente con materiales de bajo costo. En el interior se ubica un bloque sólido que representa un componente electrónico, ubicado en la zona central e identificado como la fuente principal de calor. La configuración seleccionada reproduce condiciones habituales en dispositivos mecatrónicos compactos de bajo costo, omitiendo ventilación forzada y considerando únicamente mecanismos pasivos de transferencia térmica.

Para el análisis numérico se empleó SolidWorks Flow Simulation, configurado para resolver transferencia de calor conjugada entre el sólido y el fluido. El dominio fluido corresponde al volumen de aire confinado dentro de la carcasa, modelado como un fluido incompresible dependiente de la temperatura bajo el enfoque de Boussinesq para capturar los efectos de flotabilidad. Se activó la gravedad en dirección vertical para permitir la formación de plumas térmicas y se habilitó el régimen laminar-turbulento automático, apropiado para las bajas velocidades característica de la convección natural. La simulación se realizó en estado estacionario, considerando la conducción térmica en las paredes de la carcasa y el intercambio de calor por convección natural, tanto en el interior del recinto como en la superficie externa, con una temperatura ambiente fija como condición térmica de referencia. El estudio considera variaciones en el material de la carcasa, evaluando polímeros económicos como ABS y PLA, y comparándolos con una opción metálica de referencia. Las propiedades térmicas de cada material fueron tomadas directamente de la biblioteca de SolidWorks, lo que garantiza consistencia en la asignación de conductividad, capacidad calorífica y densidad. El componente electrónico interno se representó mediante un bloque sólido al que se aplicó una potencia térmica constante de 2 W, definida



como una fuente de calor volumétrica. Adicionalmente, se incorporaron variaciones en el espesor de las paredes de la carcasa con el fin de analizar la sensibilidad del sistema frente a cambios geométricos, manteniendo fija la potencia térmica y las dimensiones generales del modelo.

La malla computacional se generó mediante el algoritmo de refinamiento adaptativo de SolidWorks Flow Simulation, estableciendo un tamaño base moderado y aplicando refinamientos adicionales en regiones asociadas a gradientes térmicos elevados, particularmente en la superficie del componente interno y en las paredes laterales de la carcasa. La convergencia se verificó mediante la estabilidad de los residuos globales y el cumplimiento de un criterio de variación menor al 1 en la temperatura máxima del dominio. Una vez alcanzado el estado estacionario, se extrajeron los campos completos de temperatura, los patrones de movimiento del aire inducidos por flotabilidad y las temperaturas superficiales para cada configuración material evaluada, permitiendo caracterizar el comportamiento térmico bajo condiciones de convección natural.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Modelo de capacidad concentrada del componente electrónico

Se modela el componente electrónico interno como un sistema de capacidad concentrada con temperatura uniforme $T(t)$, sometido a una potencia térmica constante Q y a pérdidas de calor por convección global hacia el entorno. El balance de energía del sistema se expresa como:

$$C \frac{dT}{dt} = Q - hA(T - T_{infty})$$

donde C es la capacidad térmica total del componente, h es el coeficiente global de convección, A es el área efectiva de disipación y T_∞ es la temperatura ambiente.

La capacidad térmica total del componente se obtiene a partir de la expresión:

$$C = \rho c_p V$$

donde ρ es la densidad del material, c_p es el calor específico y V es el volumen del componente.

Suponiendo:

$$\rho = 2700 \frac{kg}{m^3}$$

$$c_p = 900 \frac{J}{kg K}$$



$$V = 1 * 10^{-5} m^3$$

se obtiene:

$$C = 2700 * 900 * 10^{-5}$$

$$C = 24.3 \frac{J}{K}$$

La ecuación diferencial 1 del sistema puede reescribirse como:

$$\frac{dT}{dt} = \frac{Q}{C} - \left(\frac{hA}{C} \right) (T - T_{infty})$$

Que es la expresión es la utilizada para la integración numérica en el código de simulación.

En estado estacionario, se cumple que: $\frac{dT}{dt} = 0$ por lo que el balance de energía se reduce a:

$$0 = Q - hA(T_{ss} - T_{infty})$$

De donde se obtiene la temperatura de equilibrio del componente:

$$T_{ss} = T_{infty} + \frac{Q}{hA}$$

Suponiendo una potencia térmica $Q = 2 W$, un área de disipación $A = 0.01 m^2$ y una temperatura ambiente $T_\infty = 25 {}^\circ C$, se obtiene:

Temperaturas de equilibrio para distintos valores de h :

$$T_{ss} (h = 5) = 25 + \frac{2}{5 * 0.01} = 25 + 40 = 65 {}^\circ C$$

$$T_{ss} (h = 8) = 25 + \frac{2}{8 * 0.01} = 25 + 25 = 50 {}^\circ C$$

$$T_{ss} (h = 15) = 25 + \frac{2}{15 * 0.01} = 25 + 13.33 = 38.33 {}^\circ C$$

El modelo permite además definir una constante de tiempo térmica que caracteriza la velocidad de respuesta del sistema:

$$\tau = \frac{C}{hA}$$

Para los mismos valores de C y A se obtiene:

$$\tau(h = 5) = \frac{24.3}{5 * 0.01} = \frac{24.3}{0.05} = 486 s \approx 8.1 min$$

$$\tau(h = 8) = \frac{24.3}{8 * 0.01} = \frac{24.3}{0.08} \approx 304 s \approx 5.1 min$$



$$\tau(h=15) = \frac{24.3}{15 * 0.01} = \frac{24.3}{0.15} \approx 162 \text{ s} \approx 2.7 \text{ min}$$

Estos resultados evidencian que un mayor coeficiente global de convección reduce tanto la temperatura de equilibrio como el tiempo característico de calentamiento del componente electrónico.

Modelo unidimensional de la pared de la carcasa

Se considera una pared plana de la carcasa de espesor L, sometida a un flujo de calor conocido en la cara interna y a convección en la cara externa. En régimen estacionario y sin generación interna, la conducción unidimensional se describe mediante la ecuación:

$$\frac{d^2T}{dx^2} = 0$$

cuya solución general es lineal:

$$T(x) = C_1 x + C_2$$

En la cara interna de la pared ($x = 0$) se impone un flujo de calor q''_0 hacia la pared:

$$-\frac{k dT}{dx} = q''_0$$

Dado que:

$$\frac{dT}{dx} = C_1$$

se obtiene:

$$C_1 = -\frac{q''_0}{k}$$

En la cara externa ($x=L$) se considera convección con el ambiente:

$$-k \frac{dT}{dx} = h(T(L) - T_\infty)$$

Sustituyendo el valor del gradiente térmico, resulta:

$$T(L) = T_\infty + \frac{q''_0}{h}$$

El perfil de temperatura en la pared queda finalmente definido como:

$$T(x) = T_\infty + \frac{q''_0}{h} + \left(\frac{q''_0}{k} \right) (L - x)$$



Lo que muestra explícitamente la dependencia del gradiente térmico con la conductividad k del material.

$$L = 0.002 \text{ m}$$

$$q_0'' = 2000 \frac{W}{m^2}$$

$$h = 8 \frac{W}{m^2 K}$$

$$T_\infty = 25^\circ C$$

La temperatura en la cara externa resulta:

$$T(L) = 25 + \frac{2000}{8} = 25 + 250 = 275^\circ C$$

La caída de temperatura a través de la pared debida a la conducción se define como:

$$\Delta T_{cond} = \frac{q_0'' L}{k}$$

Para distintos materiales de la carcasa, por ejemplo

$$k_{ABS} \approx 0.19 \frac{W}{mK},$$

$$k_{PLA} \approx 0.13 \frac{W}{mK},$$

$$k_{Al} \approx 205 \frac{W}{mK},$$

Para distintos materiales se obtiene:

$$\Delta T_{cond} = \frac{2000 * 0.002}{0.19} = \frac{4}{0.19} \approx 21.1^\circ C \quad (ABS)$$

$$\Delta T_{cond} = \frac{2000 * 0.002}{0.13} = \frac{4}{0.13} \approx 30.8^\circ C \quad (PLA)$$

$$\Delta T_{cond} = \frac{2000 * 0.002}{205} = \frac{4}{205} \approx 0.02^\circ C \quad (Aluminio)$$

La temperatura en la cara interna ($x = 0$) se obtiene como

$$T(0) = T(L) + \Delta T_{cond}$$



obteniéndose:

$$T_{int,ABS} = 275 + 21.1 = 296.1 \text{ } ^\circ\text{C} \text{ (ABS)}$$

$$T_{int,PLA} = 275 + 30.8 = 305.8 \text{ } ^\circ\text{C} \text{ (PLA)}$$

$$T_{int,AI} = 275 + 0.02 = 275.02 \text{ } ^\circ\text{C} \text{ (Aluminio)}$$

Si bien los valores absolutos dependen de los parámetros seleccionados ilustran que una menor conductividad térmica (k) produce gradientes más pronunciados y mayores temperaturas internas, mientras que un material altamente conductor como el aluminio minimiza la caída de temperatura en la pared y favorece una disipación más eficiente del calor.

Análisis de simulación

Los casos simulados consistieron en la evaluación de tres configuraciones materiales para las paredes de la carcasa: ABS, PLA y aluminio 6061, manteniendo constantes la geometría, el espesor base y la potencia térmica aplicada al componente interno. Cada simulación se ejecutó en estado estacionario bajo condiciones de convección natural, con el objetivo de aislar los efectos de la conductividad térmica del material en la disipación de calor.

El análisis se centró en la evaluación de la temperatura máxima del volumen interno, los gradientes térmicos establecidos entre el componente y las paredes, y la magnitud de las velocidades inducidas por flotabilidad. Asimismo, se cuantificaron las variaciones del coeficiente local de convección y las temperaturas superficiales distribuidas en la carcasa, permitiendo relacionar las propiedades térmicas de cada material con la eficiencia global del mecanismo de disipación.

Con base en los principios de transferencia de calor, se espera que el aluminio presente menores resistencias térmicas, facilitando un flujo de calor más efectivo hacia la superficie externa y reduciendo los gradientes internos. En contraste, los polímeros con baja conductividad restringen el transporte de energía, generando mayores temperaturas internas y patrones de convección natural más intensos en el volumen interno.



Ilustración 1. Distribución de temperatura en la pared para distintos materiales

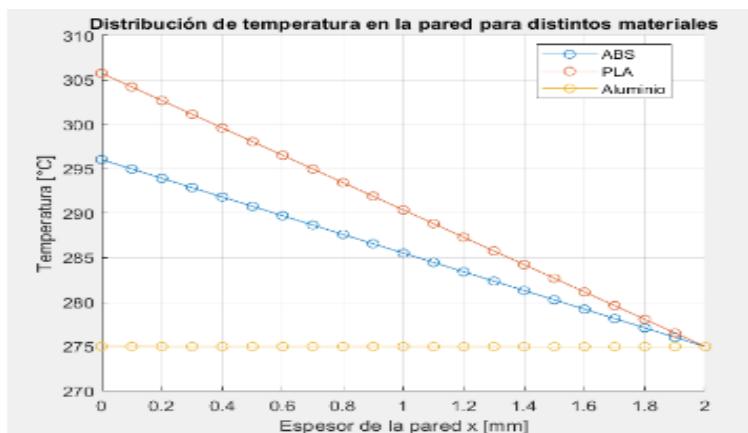
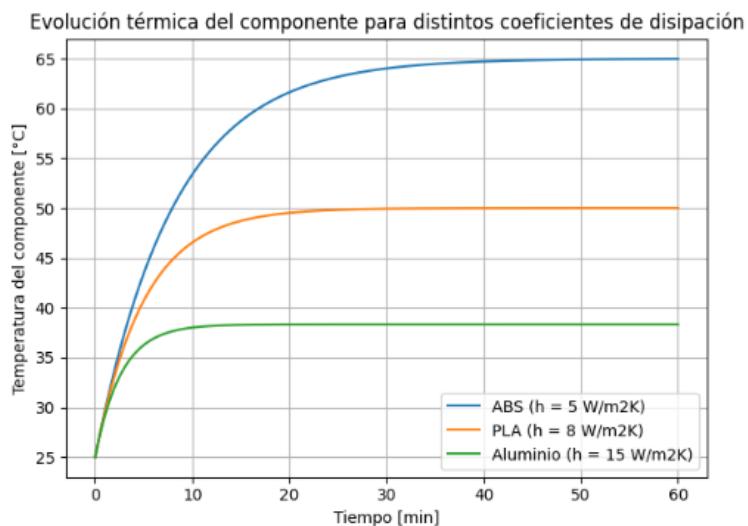


Ilustración 2. Distribución de temperatura en la pared para distintos materiales



CONCLUSIONES

El análisis numérico realizado mediante modelos simplificados y simulaciones en SolidWorks permitió caracterizar el comportamiento térmico de una carcasa mecatrónica sometida a convección natural, evidenciando que el material de fabricación constituye el parámetro dominante en la disipación pasiva del calor generado por el componente interno.

Los resultados demuestran que materiales poliméricos de bajo costo, como ABS y PLA, presentan conductividades térmicas reducidas que incrementan los gradientes de temperatura a través de las paredes y elevan la temperatura máxima del componente electrónico, disminuyendo la eficiencia de transferencia de calor hacia el entorno.

En contraste, el aluminio exhibe un desempeño térmico significativamente superior gracias a su alta

conductividad, reduciendo la resistencia térmica de la carcasa y generando un perfil de temperatura más uniforme. Esta tendencia se observó tanto en el modelo unidimensional de conducción como en el modelo lumped del componente.

La comparación entre materiales confirma que la disipación pasiva depende no solo del coeficiente externo de convección, sino también de la interacción entre la geometría de la carcasa, el espesor de la pared y las propiedades termofísicas del material.

Los modelos presentados, aunque simplificados, reproducen adecuadamente las tendencias predichas por la teoría de transferencia de calor y constituyen herramientas válidas para la evaluación preliminar de la eficiencia térmica en sistemas mecatrónicos compactos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Al-Zahrani, A., & Zubair, S. M. (2023). A comprehensive review of the applications of hybrid evaporative cooling and solar energy systems. *Sustainability*, 15(24), Article 16907.

<https://doi.org/10.3390/su152416907>

CFD Community. (2016). Simulating evaporative cooling effects in enclosed spaces using Star-CCM+.

CFD Online Forum. <https://www.cfd-online.com/Forums/star-ccm/169938-how-simulate-evaporative-cooling-room.html>

Chandrashekhar, M., & Krishna, B. (2018). The acceptability of different types of evaporative cooling systems in buildings. In *International High Performance Buildings Conference*.

<https://docs.lib.psu.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1282&context=ihpbc>

Chiam, T. M., & Goldsworthy, M. (2020). Simulation of a hybrid dew-point evaporative cooling system for commercial applications. *Journal of Research and Applications in Mechanical Engineering*, 8(4), 1–15. <https://ph01.tci-thaijo.org/index.php/jrame/article/view/224423>

Heidari, A., & Roshandel, R. (2013). New integrated hybrid evaporative cooling system for HVAC energy efficiency improvement. *Energy Conversion and Management*, 76, 1–12.

<https://doi.org/10.1016/j.enconman.2013.07.038>

Herndon, B. (2019). Practical evaporative cooling systems for engineering applications. *Reddit Engineering Discussions*. <https://www.reddit.com/r/engineering/comments/c92r1w/>



Jafarian, M. A., & Shokri, A. (2025). Hybrid indirect evaporative cooling–mechanical vapor compression system: A mini-review. *Journal of Building Engineering*, 82, Article 106543.

<https://doi.org/10.1016/j.jobe.2025.106543>

Kumar, P., & Sharma, S. (2025). Analysis of evaporative cooling system by CFD simulation. *International Journal of Engineering Research & Technology*, 14(3), 45–56.

<https://doi.org/10.3390/ijert1403045>

Li, Y., & Wang, R. Z. (2023). Techno-economic evaluation and environmental benefit of hybrid indirect evaporative cooling systems. *Sustainable Cities and Society*, 92, Article 104456.

<https://doi.org/10.1016/j.scs.2023.104456>

Liu, X., Smith, J., & Lee, K. (2025). Machine learning-driven hybrid cooling system for enhanced energy efficiency in local air conditioning. *Energy and Buildings*, 302, Article 113456.

<https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2025.113456>

Moore, T., & Rysanek, A. (2008). Simulation of radiant cooling performance with evaporative cooling sources. *Center for the Built Environment, University of California Berkeley*.

<https://cbe.berkeley.edu/wp-content/uploads/2019/03/Moore2008-RadCoolSimulations.pdf>

Morales-Villegas, H. V. (s.f.). Sistema de termofluidos con refrigeración direccionado a la conservación de alimentación de bajo costo. *ResearchGate*.

<https://www.researchgate.net/publication/388988027>

Morales Villegas, H. V. (2025a). Control multivariable de un robot móvil industrializado con calidad de bajo costo. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 9(1), 1–16.

<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=10070251>

Morales Villegas, H. V. (2025b). Diseño y control hidráulico de un sistema de riego en cultivo hidropónico de fresas usando Arduino. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 9(1), 1–12. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9990358>

Morales Villegas, H. V. (2025c). Sistema de termofluidos con refrigeración direccionado a la conservación de alimentación de bajo costo. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 9(1), 3029–3038. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=10082505>



- Morales Villegas, H. V., Aimacaña Sanchez, M. R., & Chango, B. I. (2025). Control multivariable de un robot móvil industrializado con calidad de bajo costo. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 9(1), 1–16. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=10070251>
- Morales Villegas, H. V., Casa Chacha, L. P., & Villacís Jerez, D. A. (2024). Diseño y construcción de un prototipo automatizado para la fabricación de empanadas. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 8(5), 1–15. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9726192>
- Morales Villegas, H. V., & Gavilanes Gómez, K. D. (2024a). Diseño y simulación para el control de producción de una máquina inyectora de plástico. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 8(6), 4356–4372. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=10070129>
- Morales Villegas, H. V., & Gavilanes Gómez, K. D. (2024b). Impacto de la simulación en FlexSim para rediseñar procesos industriales. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 8(4), 1–20. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9935250>
- Morales Villegas, H. V., Orozco Morocho, D. J., & Orozco Morocho, A. (2025). Agricultura de precisión de un invernadero a través de virtualización y comunicación IoT. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 9(1), 1–18.
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=10070225>
- Morales Villegas, H. V., Toainga Chiliquinga, K. A., & Casco Casco, D. A. (2024). Entorno virtual para monitorear el empaquetado automático de frutas. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 8(5), 1–14. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9726217>
- Moshfegh, A., & Ardehali, M. M. (2020). Numerical study of evaporation assisted hybrid cooling for thermal management. *Applied Thermal Engineering*, 166, Article 114666.
<https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2019.114666>
- Pandelidis, D., & Anisimov, S. (2022). Energy performance of a novel hybrid air conditioning system built with an indirect evaporative cooler. *Energies*, 15(7), Article 2613.
<https://doi.org/10.3390/en15072613>
- Riangvilaikul, B., & Kumar, S. (2019). Dynamic simulation of a hybrid dew point evaporative cooler and air conditioning unit. *Journal of Building Engineering*, 24, Article 100712.
<https://doi.org/10.1016/j.jobe.2019.100712>



Sattari, S., & Pakdel, F. (2016). Computational fluid dynamics analysis of an evaporative cooling system. *International Journal of Engineering*, 29(12), 1705–1712.

<https://doi.org/10.5829/idosi.ije.2016.29.12c.10>

Woods, J., & Kozubal, E. (2021). Review of dew point evaporative cooling technology for air conditioning. *Journal of Thermal Science and Engineering Applications*, 13(4), Article 040801.

<https://doi.org/10.1115/1.4050123>

Zhang, L., & Liu, J. (2025). Integrating indirect evaporative and split air conditioning for hybrid ventilation. *Buildings*, 15(4), Article 1313. <https://doi.org/10.3390/buildings15041313>

