

Comparison of hygrothermal comfort between the composite panel classrooms and the traditional masonry classrooms of the Miguel Iturralde school

Comparativa del confort higrotérmico entre las aulas de paneles compuestos y las de mampuesto tradicional de la Unidad Educativa Miguel Iturralde

Autores:

Blacio-Salguero, Betty Michelle
UNIVERSIDAD SAN GREGORIO DE PORTOVIEJO
Estudiante
Portoviejo – Ecuador



e.bmblacio@sangregorio.edu.ec



<https://orcid.org/0009-0009-6472-0254>

Párraga -Palma, Ingrid Antonella
UNIVERSIDAD SAN GREGORIO DE PORTOVIEJO
Estudiante
Portoviejo – Ecuador



e.ipparraga@sangregorio.edu.ec



<https://orcid.org/0009-0005-9455-151X>

Chonillo-Portés, Javier Alejandro
UNIVERSIDAD SAN GREGORIO DE PORTOVIEJO
3Arquitecto, Profesor Titular, Carrera de Arquitectura
Portoviejo – Ecuador



jchonillo@sangregorio.edu.ec



<https://orcid.org/0000-0001-7822-4803>

Fechas de recepción: 25-AGOS-2024 aceptación: 12-OCT-2024 publicación: 15-DIC-2024



<https://orcid.org/0000-0002-8695-5005>

<http://mqrinvestigar.com/>



Resumen

La investigación aborda la importancia crítica del confort higrotérmico en edificios educativos y su influencia directa en el rendimiento académico. Enfocada específicamente en la Unidad Educativa "Miguel Iturralde" de la ciudad de Portoviejo, el estudio compara dos tipos de materiales constructivos de las aulas dentro de la misma escuela, que crean ambientes distintos para los usuarios. El objetivo principal es analizar el confort higrotérmico en la escuela para desarrollar estrategias arquitectónicas adecuadas al clima de Portoviejo.

La metodología combina investigación bibliográfica con trabajo de campo a nivel descriptivo e investigativo. El estudio enfatiza la importancia de utilizar materiales de construcción que estén en sintonía con el entorno natural de Portoviejo para garantizar un confort óptimo y un mejor desempeño en los entornos educativos.

Palabras clave: Confort; Confort higrotérmico; Educación; Aula; Comparativa



Abstract

The research addresses the critical importance of hygrothermal comfort in educational buildings and its direct influence on academic performance. Specifically focused on the "Miguel Iturralde" Educational Unit in the city of Portoviejo, the study compares two types of construction materials in classrooms within the same school, which create different environments for users. The main objective is to analyze hygrothermal comfort in the school to develop architectural strategies appropriate to the climate of Portoviejo.

The methodology combines bibliographic research with field work at a descriptive and investigative level. The study emphasizes the importance of using construction materials that are in tune with the natural environment of Portoviejo to ensure optimal comfort and better performance in educational environments.

Keywords: Comfort; Hygrothermal Comfort; Education; Classroom; Comparative



Introducción

Criterios sustentables y de confort se han convertido en las nuevas miradas de la arquitectura, esta fusión no solo responde a las demandas contemporáneas, sino que también refleja una comprensión más equilibrada de la arquitectura intrínsecamente relacionada con los rasgos del contexto natural.

Este medio natural impacta indudablemente en la respuesta sensorial y perceptiva del ser humano al exterior como el interior de un lugar, más aún aquellos equipamientos de alta recepción de usuarios, categoría a la que ingresan equipamientos educativos.

Una institución educativa es un lugar en el que los estudiantes e incluso docentes permanecen durante un período más extenso que en cualquier otra edificación, a excepción de sus hogares (Abdelatif, 2018). El desempeño cotidiano de las personas “suele depender de las condiciones climáticas del día. Mientras algunas condiciones pueden ser estimulantes para el desarrollo, otras pueden limitar los esfuerzos físicos y mentales” (Rincón, 2023, p.13).

Los factores ambientales primordiales que influyen en la sensación de confort son: temperatura del aire, temperatura radiante, velocidad del aire, humedad del aire. Cualquier alteración en estos aspectos genera diversas percepciones de comodidad (Bedoya, 2014).

A nivel global la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2023) establece que “la salud es un estado de completo bienestar físico, mental y social, y no solamente la ausencia de afecciones o enfermedades” (párr. 1). Aperturando el enfoque de bienestar se puede incluir las bases del confort térmico definiéndolo como la permanencia en condiciones ambientales que no exige un esfuerzo significativo de los mecanismos naturales de regulación térmica (Organización Panamericana de la Salud, 2021).

Dentro de estas concepciones Rincón (2023) explica que: “el confort térmico es una condición que permite contribuir al logro de una mayor productividad, un estado de salud prolongado, buenas relaciones interpersonales e, incluso, a incentivar la creatividad de las personas” (p.13). Ciertamente los equipamientos educativos no se encuentran ajenos a estas consideraciones. La ausencia de esta condicionante de confort térmico compone toda una divergencia, afectando inicialmente lo concebido como salud, disminuyendo la productividad, involucrándose en las relaciones interpersonales; al focalizar la mirada en las escuelas el elemento que debe ser eje fundamental es la creatividad, entonces el espacio arquitectónico se involucra directamente y afecta esta condición. Tal como lo establece Dascalaki y Sermpetzoglou (2011) “la salud y la productividad de los alumnos y maestros se ven fuertemente afectadas por la calidad ambiental interior de su escuela” (párr.1).

Los estudios sobre confort térmico a escala internacional según Rincón (2023) se pueden dividir en dos líneas generales de análisis: la primera hace referencia a las afectaciones en la sensación térmica junto con sus efectos fisiológicos y psicológicos. Línea que involucra la subjetividad y comportamientos. Mientras que la segunda se manifiesta sobre la reducción del consumo energético en edificaciones mediante estrategias que promuevan condiciones



de confort térmico, ya sea a través del diseño o mediante tecnologías de climatización electromecánica.

Los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ONU, 2023) destacan la necesidad de transformar los sistemas energéticos globales. Este cambio requiere una mejora continua y un avance en la educación, la sensibilización y la capacidad tanto humana como institucional para mitigar el cambio climático, adaptarse a él y reducir sus efectos.

Un edificio educativo tiene la capacidad de influir directamente en la manera de asimilar una situación, aprender e incluso la interacción de las personas en su interior. Asimismo, puede actuar como un medio para integrar la sostenibilidad en la vida cotidiana de la sociedad. Estos edificios poseen el potencial de difundir innovadoras formas de materializar e implementar principios sostenibles, logrando una integración equilibrada de los aspectos ambientales, económicos y sociales (Raimondi & Garzón, 2020).

En el contexto latinoamericano, la mayoría de las escuelas rurales en la costa Caribe enfrentan un déficit en sus sistemas de ventilación, lo cual puede provocar una reducción significativa del 45% en la concentración de los estudiantes. La calidad educativa va más allá de la concentración, el talento y la disciplina, ya que las condiciones físicas del entorno de estudio desempeñan un papel crucial. Por ejemplo, investigaciones destacan que los niveles de concentración humana pueden experimentar una disminución del 45% cuando la temperatura rebasa los 30 °C. Un entorno educativo adecuadamente ventilado se presenta como un componente esencial para optimizar el rendimiento académico (Correa, 2023).

Es inherente considerar al clima como un componente integral y complejo de factores que influyen en diversos aspectos del desarrollo de actividades. En el caso específico de Ecuador, su ubicación ecuatorial le otorga una singularidad climática notable debido a su permanencia en la zona intertropical, donde la presencia de la cordillera de los Andes, la influencia del mar y la selva amazónica, han formado diversos pisos climáticos y una gran variedad de subclimas, microclimas y topoclimas que van desde el tropical hasta los fríos. La zona costera presenta características propias de clima tropical, de acuerdo a la clasificación de Köppen (Guillén, 2014).

En los climas cálidos de Ecuador, esto puede ser perjudicial para la salud humana, además de que aumenta el malestar en las personas, reduce su eficiencia en la realización de actividades, limita el uso de los espacios exteriores, aumenta el consumo energético en las edificaciones, entre otras cosas (Guillen, 2014, p. 3).

Actualmente estudios como los de Ledesma & Rivera (2018) se han focalizado en tipologías educativas modulares y repetitivas en todos los pisos climáticos de Ecuador, las llamadas instituciones del milenio, sin enfoque en el control y eficiencia energética, evidenciando el problema de no evaluar el diseño arquitectónico relacionado a su contexto natural. Sin embargo, las investigaciones no han centrado su atención en el estudio de un equipamiento educativo típico.



En la ciudad de Portoviejo, se presenta un caso de notable relevancia en la Unidad Educativa "Miguel Iturralde", una entidad educativa que ha experimentado transformaciones significativas a lo largo de su trayectoria académica. Su ubicación en la provincia de Manabí la expuso a un acontecimiento histórico marcado por el devastador terremoto del 16 de abril de 2016, evento que generó la necesidad imperante de implementar medidas inmediatas para garantizar la continuidad de la educación.

Como respuesta a este desafío, se llevó a cabo la instalación de aulas móviles dentro del campus de la institución, constituyendo una solución provisional para albergar a los estudiantes, asegurando al mismo tiempo los estándares necesarios de seguridad. Estas iniciativas constructivas se insertan dentro del marco del Plan Reconstruyo Ecuador, una estrategia gubernamental destinada a la recuperación integral de las infraestructuras afectadas por el mencionado evento telúrico (Presidencia de la República del Ecuador, 2016).

La presencia actual de estas aulas móviles, conjuntamente con la completa rehabilitación de la institución, introduce una dualidad en la experiencia de los estudiantes. La coexistencia de estos dos entornos educativos, uno conformado por las instalaciones temporales fabricadas con paneles compuestos y otro por las áreas ya restauradas por mampuesto tradicional, plantea dos variables que inciden en aspectos fundamentales del bienestar estudiantil, especialmente en lo concerniente al confort debido a su distinta materialidad. La disposición de aulas de paneles compuestos, aunque necesaria inicialmente, se ha prolongado en el tiempo. Este contexto requiere una atención focalizada para garantizar que ambas facetas converjan hacia un ambiente propicio para el aprendizaje y el desarrollo integral de los estudiantes.

La coexistencia de espacios temporales y restaurados crea una oportunidad única para abordar estas preocupaciones desde una perspectiva técnica, la información recopilada contribuirá al desarrollo de estrategias efectivas para el diseño, construcción y mantenimiento de equipamientos educativos adaptados al cambio climático aportando conocimientos valiosos que pueden informar decisiones y acciones para garantizar que las instalaciones educativas sean capaces de resistir y adaptarse a las condiciones climáticas, asegurando así un entorno educativo óptimo para las generaciones futuras.

En este contexto, el presente estudio tiene como objetivo general analizar el nivel de confort higrotérmico dentro de la Unidad Educativa "Miguel Iturralde" mediante el diagnóstico de las instalaciones para establecer estrategias de diseño de futuros modelos arquitectónicos educativos adaptados al clima de Portoviejo. Los objetivos específicos incluyen analizar las percepciones y experiencias de los usuarios en relación al ambiente físico del equipamiento, valorar las condiciones ambientales del mismo, y desarrollar directrices de diseño arquitectónico que orienten la intervención de las aulas seleccionadas, promoviendo tanto el confort como la sustitución de materiales convencionales por alternativas sustentables.



Material y métodos

El marco metodológico de esta investigación combina un enfoque descriptivo y explicativo, dado que busca tanto evaluar de manera independiente las variables relevantes como explorar las causas subyacentes de los fenómenos observados proporcionando una visión más profunda. Fundamentado a su vez en la recopilación de diversas variables pertinentes al objeto de estudio, así como en la obtención de conceptualizaciones bibliográficamente precisas, el estudio se estructura en distintas fases con el objetivo de facilitar su análisis y ejecución.

La fase inicial se centra en un enfoque cualitativo, orientado a la recopilación de datos en los cuales los participantes construyen una visión o perspectiva del problema mediante la interacción (Sampieri, Collado, & Lucio, 2014). La toma de datos se llevará a cabo a través de una plataforma diseñada para explorar las percepciones y experiencias relacionadas con el confort térmico dentro de las dos tipologías de aulas, permitiendo así la formación de grupos focales. Como instrumento se elabora una guía de temas estructurada para abordar la satisfacción térmica, la cual se basa en una escala subjetiva de siete puntos. Esta guía permite la evaluación del porcentaje de individuos insatisfechos, según lo establecido por el estándar ANSI/ASHRAE (2020).

En la segunda fase de investigación se detallan las variables que influyen en el confort térmico: temperatura del aire, temperatura radiante, humedad relativa y velocidad de viento. Estos elementos se encuentran incluidos en la categoría inicial de clasificaciones y constituyen los principales factores que afectan la percepción térmica (Rincón et al, 2022), por medio del modelo adaptativo entendido como aquellos datos utilizados provenientes de evaluaciones de campo sin control sobre los parámetros físicos que afectan la sensación térmica, lo que implica variaciones continuas considerando tanto las reacciones fisiológicas (aclimatación) como las psicológicas (adaptación, tolerancia, expectativa, experiencia, conducta) de las personas, permitiendo la recopilación de datos referentes tanto a las condiciones térmicas ambientales como a la respuesta térmica simultánea de los individuos (Nicol, J., & Humphreys, M., 2002). Dentro del estudio estos datos se obtienen durante el desarrollo de sus actividades diarias, así como en momentos de ausencia en las distintas aulas, utilizando una ficha de observación.

La tercera y última fase se enfoca en la investigación de prácticas y tecnologías para una construcción más responsable con el entorno natural, transformando el objeto de estudio en un modelo que fomente la sostenibilidad. Además, por medio de la utilización de software se proyecta virtualmente el diseño y analiza la viabilidad de diferentes soluciones arquitectónicas.

Para situar la investigación de manera estratégica, se presenta la implantación de la Unidad Educativa “Miguel Iturralde”. Esto implica la explicación detallada de las aulas seleccionadas, buscando replicar las condiciones lo más similares posibles a las que se



encuentren expuestas estas dos tipologías, asegurando así la equidad en el estudio comparativo.

Figura 1
Implantación de la Unidad Educativa Miguel Iturralde

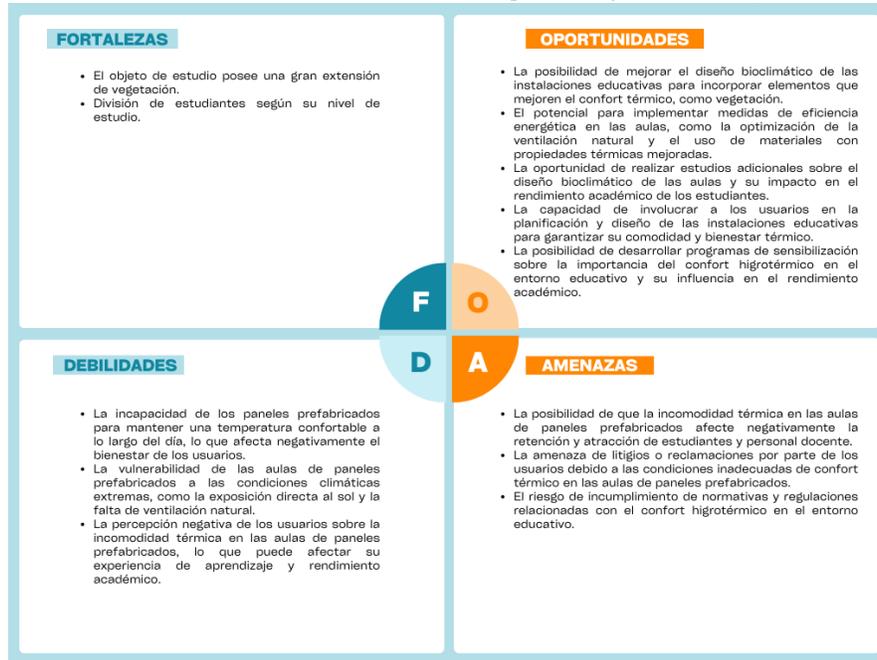


Fuente: Elaboración por autores.

Resultados

Los resultados obtenidos del grupo focal que discutió sobre el confort higrotérmico de las dos aulas estudiadas se centran en las diferencias térmicas percibidas durante la jornada escolar, expuestas en un análisis FODA, que permite identificar fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas relacionadas a las condiciones térmicas de cada espacio.

Figura 2
Análisis FODA



Fuente: Elaboración por autores.

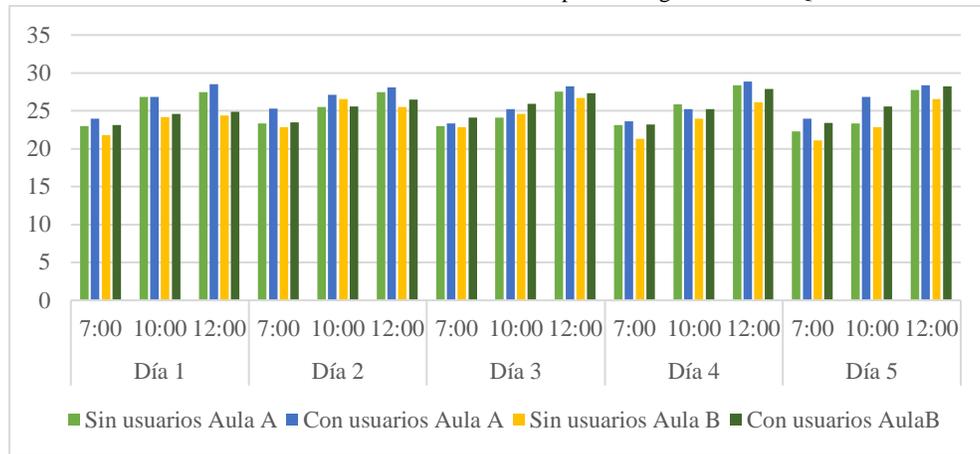
En la segunda fase, la recolección de datos se realiza durante los meses de junio, julio y agosto, con mediciones efectuadas durante 5 días de cada mes, en tres horarios distintos durante la jornada matutina según lo obtenido en el desarrollo de los grupos focales. Los datos registran mediciones de temperatura, humedad relativa y velocidad del viento correspondiente a cada mes. Para fines explicativos se denominará “Aula A” a la de paneles compuestos y “Aula B” a la de mampostería tradicional.

Tabla 1
 Registro modelo de mediciones de las condicionantes ambientales

Día 1 al 5 – Mes

Aula (Panel compuesto/Mampuesto tradicional)	Hora	Temperatura °C	Descripción	Humedad Relativa %	Descripción
Sin usuarios- Con usuarios	7:00		Alta-		Alta-
	10:00		Media-Baja		Media-Baja
	12:00				
Velocidad del viento:					

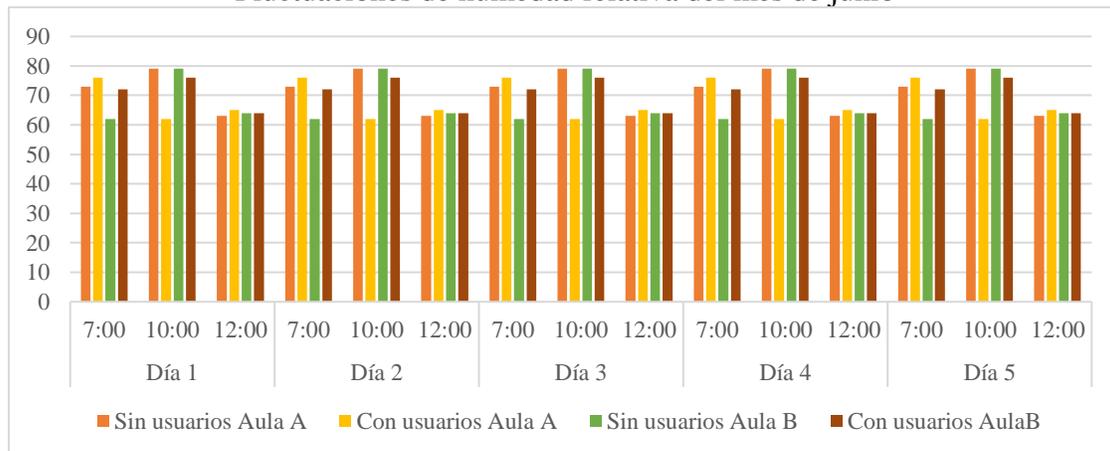
Figura 3
 Fluctuaciones de temperatura del mes de junio



Fuente: Elaboración por autores.

Se observa que las temperaturas en el aula A son consistentemente más altas en comparación con el Aula B, especialmente cuando hay usuarios presentes. Dentro del aula B se presentan temperaturas más bajas y más estables a lo largo del día en comparación con el Aula A, tanto con o sin usuarios. Durante los días estudiados la temperatura tiende a aumentar desde las 7:00 hasta las 12:00 en ambos casos, con usuarios y sin usuarios, pero el incremento es más pronunciado en el aula A.

Figura 4
Fluctuaciones de humedad relativa del mes de junio



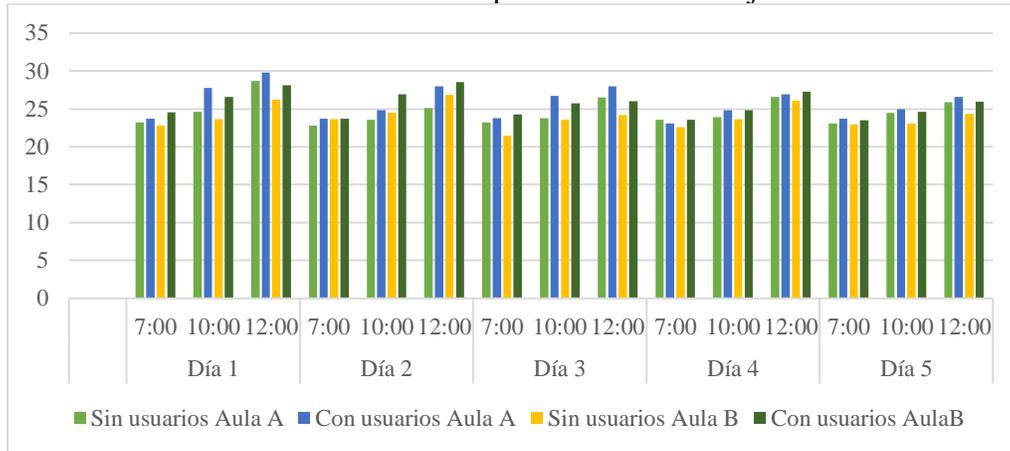
Fuente: Elaboración por autores.

Se observa que la humedad relativa en el aula A, tanto con usuarios como sin ellos, es mayor en comparación con el aula B en la mayoría de las mediciones. A lo largo de los cinco días, los valores de humedad en el aula A se mantienen relativamente estables, aunque con ligeras fluctuaciones entre los horarios de 7:00, 10:00 y 12:00.

La humedad en el aula B es consistentemente más baja que en el aula A. Sin embargo, también presenta incrementos a lo largo de los horarios de medición, pero en menor magnitud. La humedad relativa tiende a ser más alta en el aula A, especialmente cuando hay usuarios, y en ambos espacios aumenta levemente entre las 7:00 y las 12:00.

La velocidad promedio del viento por hora en el mes de junio fue 14,8 kilómetros por hora.

Figura 5
 Fluctuaciones de temperatura del mes de julio



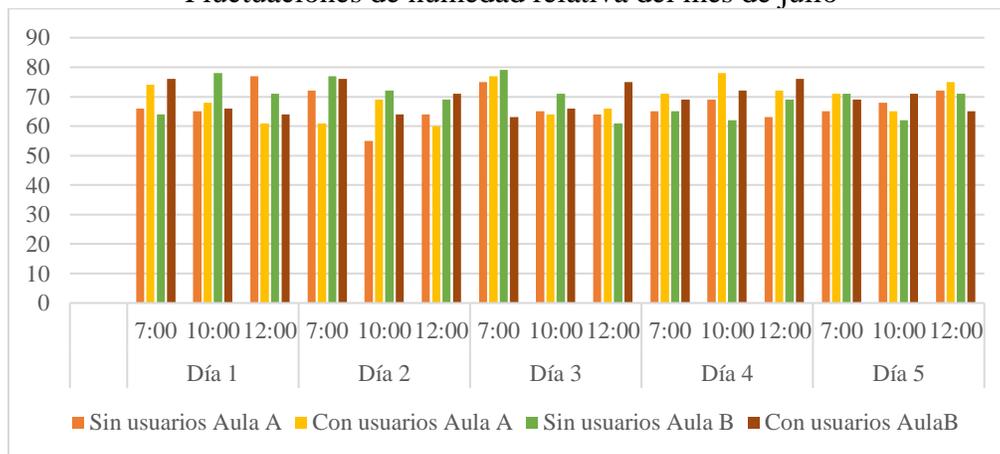
Fuente: Elaboración por autores.

Se observa que la temperatura es más alta a las 10:00 en los días 1 y 2 para ambas aulas. Esto sugiere que la temperatura en las aulas tiende a aumentar a medida que avanza la mañana, debido a la actividad humana y el incremento del calor natural.

A las 7:00, la temperatura es más baja en comparación con las 10:00 y 12:00, sin embargo, la diferencia entre las condiciones con y sin usuarios sigue siendo visible.

En el día 3, la temperatura en el aula A vuelve a subir a las 10:00, marcando un comportamiento cíclico de aumento en las horas medias del día. El día 4 y 5 muestran menos variaciones, con las temperaturas más estables en ambos horarios y aulas.

Figura 6
 Fluctuaciones de humedad relativa del mes de julio



Fuente: Elaboración por autores.

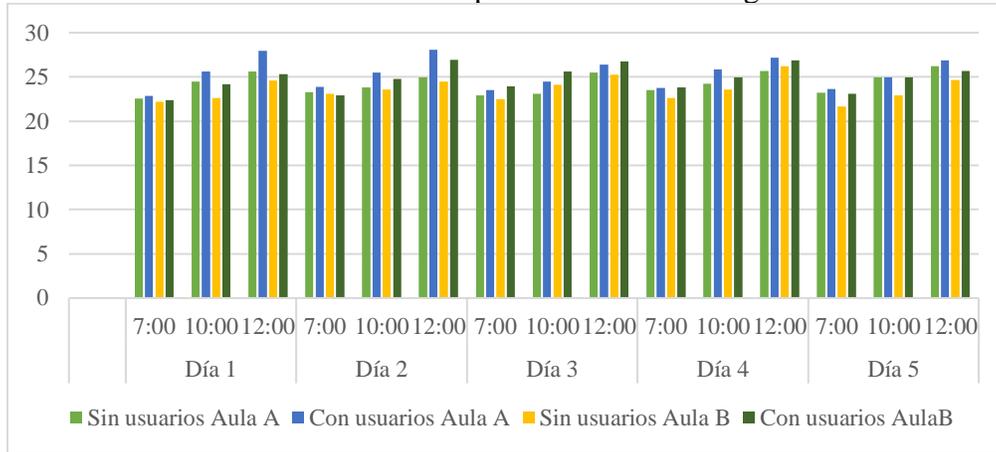
La presencia o ausencia de usuarios en las aulas afecta ligeramente los niveles de humedad. En el día 1 y 3 muestran pequeñas variaciones en la humedad a las 12:00, donde los valores tienden a ser ligeramente más altos, especialmente en el aula A. La humedad relativa es

consistente en ambas aulas y en todos los intervalos de tiempo, no hay cambios bruscos entre los días o las horas.

La velocidad promedio del viento por hora en el mes de julio fue 15.2 kilómetros por hora.

Figura 7

Fluctuaciones de temperatura del mes de agosto



Fuente: Elaboración por autores.

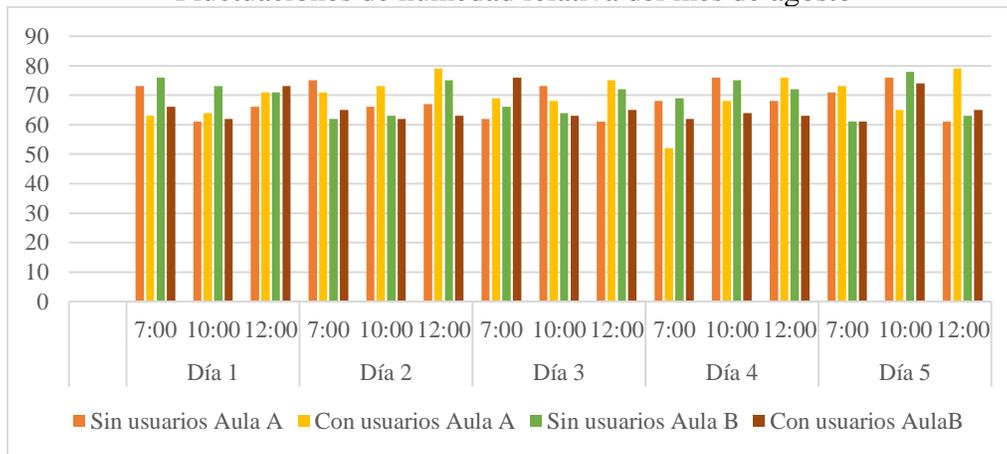
Se observa un ligero incremento en la temperatura cuando hay usuarios en las aulas, especialmente en los días 1 y 2 a las 10:00, cuando el aula A registra picos en los valores de temperatura.

Las diferencias entre las condiciones "con usuarios" y "sin usuarios" son visibles.

La temperatura en ambas aulas se mantiene dentro de un rango de 20°C a 27°C, con ligeras variaciones relacionadas con la presencia o ausencia de usuarios.

Figura 8

Fluctuaciones de humedad relativa del mes de agosto



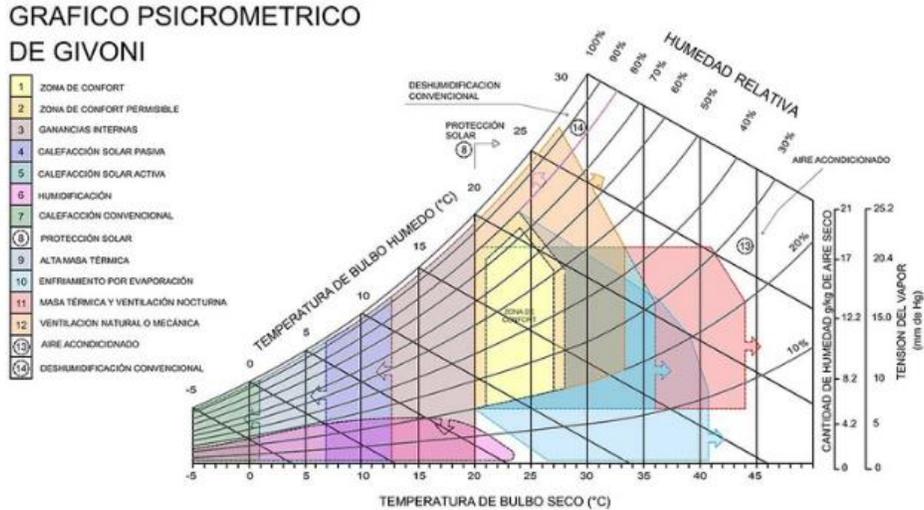
Fuente: Elaboración por autores.

La velocidad promedio del viento por hora en el mes de agosto fue 15.9 kilómetros por hora.

En la última fase, se presentan las estrategias bioclimáticas seleccionadas de acuerdo con el diagrama de Givoni. Según los rangos alcanzados, las estrategias son: ventilación natural o mecánica y zona de confort permisible.

Figura 9

Gráfico psicrométrico de Givoni



Fuente: Elaborado por Martín, D'Amico, & Valiente (2019)

Discusión

Los resultados del grupo focal destacan diferencias significativas en el confort higrotérmico entre las dos aulas estudiadas. El aula A muestra mayores desafíos térmicos que afectan tanto el bienestar como el rendimiento de los usuarios. El aula B mantiene una temperatura más estable manifestada en la diferencia del material constructivo. En contraste, el aula de paneles compuesto experimenta un incremento constante de temperatura, lo que sugiere una menor eficacia en la regulación térmica de estos materiales.

Sin embargo, la ficha técnica de esta aula establece que la constitución de sus materiales en función de mampuesto tiene una composición de placa aislante de espumas de poliuretano inyectado de alta densidad lo que permite un buen aislamiento térmico y confort, protección frente a filtraciones y humedades, fácil instalación y mantenimiento sencillo. Cabe destacar que esta tipología de panel tiene un uso sostenido también en cámaras frigoríficas en donde se reconoce su gran capacidad aislante (Kubiec, 2016).

Afirmando la facilidad de manejo constructivo de dichos paneles, y destacando todas sus virtudes de composición, es crucial evaluar entonces su contexto de aplicación, considerando factores como la exposición solar, que influiría directamente en su rendimiento.

La distribución del calor en el aula A, con zonas más calientes en el fondo y centro, indica problemas de ventilación y exposición solar directa. Las ventanas permanecen cerradas por cortinas para bloquear la luz solar, impidiendo mejorar la ventilación, lo que incrementa la incomodidad térmica, la cual afecta notablemente las actividades académicas, especialmente



después del receso y hacia el final de la jornada escolar. La fatiga acumulada y las actividades más intensas, como la salida, agravan esta incomodidad. En el aula B, aunque también se percibe incomodidad hacia el final del día, las actividades académicas no experimentan un impacto significativo.

Se destaca entonces que la composición del aula A al ser un excelente aislante térmico, tiene una mayor capacidad de retener la temperatura y protegerse del calor externo o del frío. Sin embargo, cuando hay usuarios en el aula y las fuentes internas de calor (usuarios) aumentan, la acumulación de calor es más notoria debido al aislamiento.

Esto explica por qué la temperatura con usuarios es ligeramente más alta, especialmente a las 10:00 en los primeros días. A medida que el aula se va ocupando y la actividad aumenta, la temperatura interna sube más rápido y tiende a mantenerse, debido a la baja transferencia de calor del exterior. A las 7:00, cuando hay menos actividad y las condiciones ambientales son más frescas, el aula mantiene una temperatura más baja.

En cambio, la mampostería de bloque es menos eficiente como aislante térmico en comparación con los paneles de poliuretano. Esto significa que el Aula B tiene una mayor transferencia de calor con el exterior. En consecuencia, la temperatura dentro del Aula B tiende a fluctuar más con las condiciones exteriores, pero no se acumula tanto calor dentro del aula cuando hay usuarios.

De manera sistémica los resultados de los grupos focales se encuentran de acuerdo a las mediciones técnicas denotando la inconformidad referente al entorno del aula de panel compuesto. Se observa un incremento notable en la temperatura al inicio de la jornada en el aula A, en comparación con el aula B. La diferencia térmica entre ambas aulas llega a ser de hasta 3.1°C más en el aula A sin usuarios presentes, y hasta 3.65°C más cuando se encuentran ocupadas por usuarios.

La relación entre temperatura y humedad es crucial para el confort térmico, ya que ambos factores influyen directamente en la percepción del ambiente por parte de los usuarios. Altas temperaturas combinadas con alta humedad generan una sensación de calor más intensa, ya que el sudor no se evapora con facilidad, lo que impide que el cuerpo se enfríe adecuadamente, en contraste, cuando la temperatura es alta pero la humedad es baja, el sudor se evapora más rápidamente, lo que permite que el cuerpo regule su temperatura con mayor eficiencia, aunque esto puede llevar a una sensación de sequedad (Centros para el control y prevención de enfermedades, 2017).

En el aula A se presentan temperaturas y niveles de humedad más altos, especialmente cuando los usuarios están presentes. Esto se debe al calor corporal y al vapor de agua generado por la respiración y la transpiración de los ocupantes, lo que incrementa tanto la temperatura como la humedad en espacios cerrados. En contraste, el aula B, con temperaturas y humedades más bajas, proporciona un ambiente más confortable para los ocupantes, ya que la menor humedad facilita la evaporación del sudor, mejorando la termorregulación.

La búsqueda de áreas con vegetación para mejorar el confort sugiere la necesidad de integración de áreas verdes. La vegetación y los espacios sombreados pueden proporcionar alivio térmico y mejorar el bienestar de los usuarios.

El aula A, a pesar de sus ventajas constructivas, requiere mejoras para asegurar un ambiente térmicamente confortable que no afecte negativamente el rendimiento ni el bienestar de los usuarios.

El diseño de los edificios escolares debe desarrollarse a partir de la optimización del confort, en estos la capacidad de adaptación de los ocupantes es crucial y las propiedades envolventes deben ser adecuadas. El resultado final es un edificio escolar más sostenible durante todo su ciclo de vida (Almeida, Freitas, & Delgado, 2015).

Se propone un prototipo de aula tratando los desafíos mencionados previamente en los resultados. Entre los lineamientos establecidos se encuentran:

1. Utilizar protecciones solares que eviten el deslumbramiento del sol.

Las protecciones que se plantean son las Brise-soleil, o lamas verticales que permiten bloquear la radiación solar, el abanico de materiales presenta una gama de: madera, metal o materiales plásticos (Serrano, 2021).

Protección fachada Este y Sur:

Se propone instalar parasoles verticales o celosías ajustables en las ventanas de la fachada este. Estas estructuras ofrecen una protección eficaz contra el sol bajo de la mañana, al mismo tiempo que permiten el ingreso de luz natural.

Los materiales recomendados incluyen madera o metal perforado, que no solo permiten la ventilación y mantienen la visibilidad desde el interior, sino que también ayudan a evitar el sobrecalentamiento. Además, estos elementos podrían cubrirse con plantas trepadoras, como buganvillas, integrando así la vegetación al diseño y aportando un toque natural y estético.

En cuanto a su orientación, se sugiere un ángulo de entre 30° y 45° para bloquear los rayos directos sin oscurecer demasiado las aulas. Para mayor flexibilidad, un sistema ajustable permitiría regular la sombra según la época del año, adaptándose a las necesidades de confort de los usuarios.

Protección fachada oeste (menor prioridad, no en uso en las tardes):

Aunque las aulas no se usan en la tarde, es importante evitar que se recalienten para mantener el confort a lo largo del día. La fachada oeste, en general, es la más expuesta al sol en horas vespertinas. Se propone incorporar voladizos horizontales que proyecten sombra sobre las ventanas en la tarde. Estos voladizos pueden estar diseñados con materiales ligeros como aluminio o concreto perforado para proporcionar una protección eficiente y duradera.

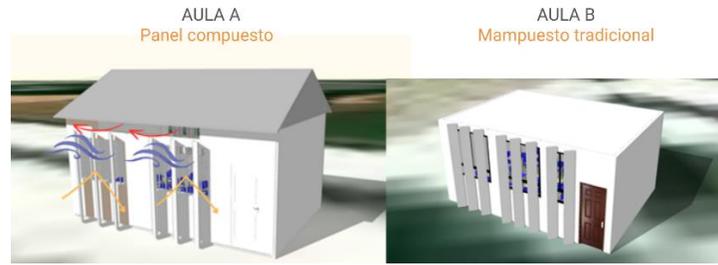
Protección fachada norte:

Es posible utilizar vidrios de control solar o persianas horizontales ajustables que permitan modular la cantidad de luz que entra en las aulas sin afectar la ventilación. Esto es especialmente importante para evitar que el interior se oscurezca innecesariamente.

Figura 10

Propuesta arquitectónica para bloquear radiación solar





Fuente: Elaboración por autores.

2. Rehabilitar y diseñar los espacios comunes y de recreación que existen en el entorno de la institución.

La rehabilitación de los espacios comunes se basa en la reforestación de vegetación, con el objetivo de proporcionar sombra y mejorar la circulación de aire. La reforestación perimetral propone enfocarse en las orientaciones sur y este, ya que estas zonas reciben la mayor radiación solar durante la primera parte del día. Se recomienda plantar especies como árboles de Nim o Guayacán en el lado este de las aulas. Estos árboles generarán sombra en las primeras horas de la mañana, ayudando a reducir la radiación solar directa en las fachadas orientadas hacia el este. Es importante mantener una distancia adecuada entre los árboles y las aulas, de 5 a 7 metros, para asegurar un buen flujo de aire sin obstruir la ventilación natural.

Se recomienda plantar arbustos como el Crotón o el Hibiscus en los lados sur y este. Estos no solo ayudan a regular el microclima en las mañanas, sino que también permiten que el aire circule de manera natural. Además, brindan sombra en áreas de circulación y pasillos, creando espacios más frescos por donde los usuarios pueden moverse con mayor comodidad. En cuanto al suelo, se sugiere utilizar plantas de cobertura como la grama dulce o la hierba de San Agustín en las áreas abiertas alrededor de las aulas. Estas ayudarán a reducir el calor acumulado en las primeras horas del día, contribuyendo al confort térmico general y creando un entorno más agradable para todos.

Figura 11
Propuesta



Fuente: Elaboración por autores.

3. Ventilación cruzada.

Se recomienda instalar ventanas en fachadas opuestas (norte-sur o este-oeste), permitiendo que el aire fluya a través del aula. En las aulas actuales de paneles compuestos, esto puede lograrse ampliando o instalando nuevas ventanas en las fachadas norte y sur para captar el viento predominante.

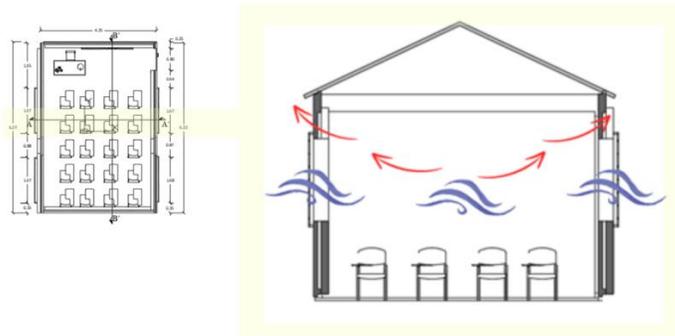
Se sugiere utilizar ventanas abatibles que se abran completamente hacia el exterior para maximizar el flujo de aire. Este tipo de ventana favorece la entrada y salida de corrientes de aire al permitir una apertura más amplia en comparación con las ventanas correderas, usadas en el aula B.

Las ventanas deberán colocarse a diferentes alturas en ambas fachadas. Las ventanas bajas en la fachada de entrada del viento (sur o este) y ventanas altas en la fachada de salida del viento (norte u oeste).

Se recomienda plantar árboles o arbustos en el lado sur de las aulas para canalizar y dirigir los vientos predominantes hacia las fachadas donde se necesitan.

Figura 12

Sección arquitectónica del Aula A, propuesta ventilación cruzada



Fuente: Elaboración por autores.

4. Paleta de colores y pinturas especiales.

Se recomienda utilizar colores claros en las fachadas exteriores, techos y cubiertas de las aulas. Colores como el blanco, beige, y tonos pasteles reflejan una mayor cantidad de radiación solar, lo que reduce la absorción de calor en las superficies. Estudios han demostrado que los colores claros pueden reducir la temperatura superficial de los edificios en hasta 10°C comparado con colores oscuros, mejorando el confort térmico en el interior .

Se propone la aplicación de pintura reflectante de zinc o pinturas termo-reflectantes en las cubiertas de los techos de las aulas pinturas reflectantes pueden reducir la temperatura del techo en hasta un 30%, lo que se traduce en una disminución del calor que se transfiere al interior del aula.

Conclusiones

Se evidencia la inconformidad de los usuarios por medio de la interacción de los mismos, en donde el reporte generado mantiene mayores debilidades y amenazas que fortalezas, sin embargo, este escenario presenta diversas oportunidades en como poder maximizar el rendimiento de las aulas.

El análisis de las condiciones ambientales indicó que los valores de humedad relativa en ambas aulas se encuentran en un rango comprendido entre el 60% y el 80%, en cuanto a temperatura, en el aula A fueron consistentemente más altas en comparación con el aula B, tanto con usuarios como sin ellos. Durante los tres meses, las temperaturas en el aula A oscilaron entre 23°C y 31°C, con un promedio de 27°C, mientras que en el aula B se mantuvieron en un rango de 20°C a 27°C, con una media de 24°C. Esto representa una diferencia promedio de 11.1% entre ambas aulas, siendo el aula A la más calurosa.

En ambos casos, se observó un incremento de temperatura desde las 7:00 hasta las 12:00, pero fue más pronunciado en el aula A, especialmente con la presencia de usuarios. Por ejemplo, en junio y julio, las temperaturas en el aula A aumentaron hasta un 12.5% más que en el aula B a las 10:00. En promedio, la diferencia de temperatura con usuarios fue de 3.1°C a 3.65°C más en el aula A que en el aula B.

La elección de materiales en arquitectura es un aspecto complejo, debido a que muchos de ellos ofrecen beneficios significativos para necesidades específicas. Sin embargo, maximizar su rendimiento requiere un conocimiento exhaustivo. A lo largo de la investigación, se enfatiza que el material estudiado dentro del aula A, además de ser accesible permite un buen aislamiento térmico y confort, destacando entonces que sus características constructivas son eficientes, al buscar trabajar en la orientación dispuesta se desarrollaron lineamientos que permitieron maximizar su rendimiento.

Situación que fue prevista en el análisis del entorno natural de las aulas de paneles prefabricados, por medio de la observación de escasez de vegetación en los alrededores lo que implica una menor circulación de aire y proporción de un ambiente fresco.

Referencias bibliográficas

Abdelatif Merabtine, C. M. (2018). Building energy audit, thermal comfort, and IAQ assessment of a school building: A case study. *Science direct*, 145, 62-76. doi:<https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2018.09.015>

Almeida, R. M., Freitas, V. P., & Delgado, J. M. (2015). *School Buildings Rehabilitation Indoor Environmental Quality and Enclosure Optimization*. Springer.

American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers, ANSI/ASHRAE 55. (2020). *Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy*.

Obtenido de



https://www.ashrae.org/file%20library/technical%20resources/standards%20and%20guidelines/standards%20addenda/55_2017_d_20200731.pdf

Bedoya, L. (Enero de 2014). Scribd. Obtenido de Extracto de la Norma Técnica sobre Confort Térmico: <https://es.scribd.com/document/371729293/NTE-INEN-7730-EXTRACTO>

Centros para el control y prevención de enfermedades. (13 de Septiembre de 2017). Preguntas frecuentes sobre el calor extremo. Obtenido de <https://www.cdc.gov/es/disasters/extremeheat/faq.html>

Correa, P. (2023). Alternativas eficientes y económicas que permitan mejorar las condiciones en las que estudian cientos de niños y niñas en la región Caribe.

Dascalaki, E. G., & Sermpetzoglou, V. G. (2011). Energy performance and indoor environmental quality in Hellenic schools. *Energy and Buildings*, 718-727. doi:<https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2010.11.017>

Guillen, V. (24 de noviembre de 2014). Metodología de evaluación de confort térmico exterior para diferentes pisos climáticos en Ecuador. Congreso Nacional del Medio Ambiente. Madrid, España. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/308229797_Metodologia_de_evaluacion_de_confort_termico_exterior_para_diferentes_pisos_climaticos_en_Ecuador

Kubiec. (2016). KUBIMODULARES. Obtenido de Construcciones prefabricadas de rápida instalación y para uso definitivo.: <https://kubiec.com/camper-modulares-y-kubiescuelas/#>

Ledesma, G., & RiveraLara, R. (2018). Análisis de confort térmico en escuelas del milenio. Caso: Quito y Babahoyo. Newcastle University. Obtenido de <https://revistas.ute.edu.ec/index.php/eidos/article/view/408/356>

Martín, F. d., D'Amico, F. C., & Valiente, E. E. (2019). Metodología para elaborar una cartografía regional y aplicar estrategias bioclimáticas según la carta de givoni. *Revista Hábitat Sustentable*, 9(2), 52 -63. doi:<https://doi.org/10.22320/07190700.2019.09.02.05>

Nicol, J., & Humphreys, M. (2002). Adaptive thermal comfort and sustainable thermal standards for buildings. *Energy and Buildings*, 34(6), 563-572. doi:[https://doi.org/10.1016/S0378-7788\(02\)00006-3](https://doi.org/10.1016/S0378-7788(02)00006-3)

Organización de las Naciones Unidas. (2023). Objetivos de Desarrollo Sostenible. ONU. Obtenido de <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/climate-change-2/>

Organización Mundial de la Salud. (2023). Constitución. Obtenido de <https://www.who.int/es/about/accountability/governance/constitution>

Organización Panamericana de la Salud. (2021). Estrés térmico, salud y confort laboral. Obtenido de <https://www.paho.org/es/documentos/estres-termico-salud-confort-laboral>

Presidencia de la República del Ecuador. (17 de junio de 2016). El nuevo Ecuador. Obtenido de <https://www.presidencia.gob.ec/la-construccion-de-las-aulas-moviles-de-manabi-sigue-en-marcha/>



Raimondi, G. G., & Garzón, B. (2020). Evaluación del confort higrotérmico de una escuela rural y su rediseño, en Silípica-Santiago del Estero. *Revista Pensum*, 189-207. Obtenido de <https://revistas.unc.edu.ar/index.php/pensu/article/view/28795/32197>

Rincón Martínez, J. C., García Gómez, C., & González Trevizo, M. E. (2022). Estimación del rango de confort higrotérmico para exteriores en dos bioclimas extremos de México. *Ingeniería, investigación y tecnología*, 23(2), 1-14. doi:<https://doi.org/10.22201/ii.25940732e.2022.23.2.014>

Rincón-Martínez, J. C. (2023). Confort térmico en edificios educativos naturalmente ventilados: un estudio en bioclima templado-seco. *Revista de Arquitectura Bogotá*(25), 12-24. doi:<https://doi.org/10.14718/RevArq.2023.25.3051>

Sampieri, R. H., Collado, C. F., & Lucio, M. d. (2014). *Metodología de la investigación Sexta Edición*. McGraw-Hill / Interamericana Editores, S.A. de C.V.



Conflicto de intereses:

Los autores declaran que no existe conflicto de interés posible.

Financiamiento:

No existió asistencia financiera de partes externas al presente artículo.

Agradecimiento:

N/A

Nota:

El artículo no es producto de una publicación anterior.

