

Monitoreo de la calidad del aire en viviendas como estrategia para mejorar el bienestar general

Monitoring air quality in homes as a strategy to improve overall well-being.

C.E. Vázquez-Torres^{1*}, E. Vargas Soto², G. Bojorquez-Morales³

**Autor de correspondencia*

DOI: 10.56643/rcia.v4i2.227

Como citar este artículo: Vázquez-Torres et al. (2025). Monitoreo de la calidad del aire en viviendas como estrategia para mejorar el bienestar general. Revista Científica de Ingenierías y Arquitectura. 4(2). 29-44. DOI: <https://doi.org/10.56643/rcia.v4i2.227>

RESUMEN

El descanso adecuado es fundamental para la salud física y mental, y se lleva a cabo principalmente en el entorno residencial. Sin embargo, en regiones con condiciones climáticas extremas, como el sureste mexicano, la calidad del aire interior puede verse comprometida, afectando negativamente el sueño y el bienestar. Ante esta problemática, se desarrolló un sistema de monitoreo ambiental de bajo costo, basado en sensores y tecnologías abiertas, para evaluar variables críticas de calidad del aire en viviendas. La metodología incluyó la selección, calibración y validación de sensores, así como su implementación en una vivienda representativa. Los resultados evidenciaron variaciones significativas de temperatura, humedad, ruido y partículas suspendidas, lo que permitió identificar condiciones que afectan el confort ambiental. Este sistema representa una herramienta accesible y replicable para mejorar la habitabilidad de espacios residenciales en contextos vulnerables.

PALABRAS CLAVE: Calidad del aire; Monitoreo ambiental; Viviendas; Bajo costo; Bienestar.

1 Doctora en arquitectura. Universidad Autónoma de Yucatán y Universidad de Guanajuato. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5388-0780> Correo electrónico: claudia.vazquez@correo.uady.mx

2 Doctora en arquitectura. Universidad de Costa Rica. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4474-1850>.

3 Doctor en arquitectura. Universidad Autónoma de Baja California. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9303-9278>

Recibido: 31/07/2025 | Aceptado: 23/09/2025 | Publicado: 15/12/2025

Los autores declaran no tener ningún conflicto de interés.

ABSTRACT

Adequate rest is essential for physical and mental health and takes place mainly in the home environment. However, in regions with extreme climatic conditions, such as southeastern Mexico, indoor air quality can be compromised, negatively affecting sleep and well-being. In response to this problem, a low-cost monitoring system based on sensors and open technologies was developed to evaluate critical air quality variables in homes. The methodology included selection, calibration, and validation of sensors, as well as their implementation in a representative home. The results showed significant variations in temperature, humidity, noise, and suspended particles, which made it possible to identify conditions that affect environmental comfort. This system represents an accessible and replicable tool for improving the habitability of residential spaces in vulnerable contexts.

KEYWORDS: air quality, environmental monitoring, healthy housing, low cost, well-being

INTRODUCCIÓN

Las variables relacionadas con la calidad ambiental y el volumen de aire en interiores están intrínsecamente relacionadas con un sueño profundo y, por lo tanto, con el bienestar físico y mental de los usuarios (Orlando-Romero et al., 2023). En los hogares se pasa una cantidad considerable de tiempo, especialmente durante las horas de sueño, cuando el cuerpo se repara y recupera energía. Un ambiente doméstico adecuado es esencial para el desarrollo humano y su productividad.

Desde esta perspectiva, cobran relevancia las iniciativas de monitoreo ambiental, en particular los sistemas de monitoreo ambiental de bajo costo diseñados para evaluar variables de calidad del aire en viviendas con difícil acceso. El monitoreo ambiental del hogar no sólo contribuye a la creación de un ambiente saludable; además, se relaciona con una mejor calidad de vida y con el bienestar emocional. Los métodos accesibles para el seguimiento de variables ambientales buscan facilitar a investigadores y público interesado elementos para la mejora de las condiciones de vida, generando datos vitales para la salud humana y ambiental (Rodríguez Potes et al., 2018).

La implementación de un sistema de bajo costo es fundamental por su accesibilidad para viviendas que presentan algún tipo de vulnerabilidad (social, económica, ambiental) y por su potencial para ser replicado en otros sectores

o países de América Latina. Equipos sofisticados y costosos muchas veces excluyen a comunidades enteras de participar en la vigilancia de su entorno, debido a su topografía o a la falta de acceso, lo que podría aumentar las disparidades en equidad y justicia energética (Hernández Guerrero, 2020). Vallejo-Sánchez et al. (2024), por ejemplo, midieron variables de confort en un contexto minero con el uso de tecnología con códigos abiertos que facilitó el monitoreo en zonas remotas de Colombia.

En México se han utilizado sensores de bajo costo para monitorear la calidad del agua en plantas de tratamiento (Díaz Ruiz et al., 2022). En áreas rurales de Oaxaca se implementaron sistemas de monitoreo de servicios ambientales que se complementan con tecnología accesible. Uscanga y Perevchtchikova (2020) discutieron cómo en comunidades forestales la percepción social refleja una inclinación por el uso sostenible de recursos y utilizaron sensores que permiten medir variables ambientales cruciales para la agricultura y la gestión forestal. Otro enfoque en el uso de sensores de bajo costo es el monitoreo de la biodiversidad, donde se ejemplifican los usos de sensores en la identificación y el estudio de especies en los bosques de Chiapas (López-Muñoz et al., 2022).

En regiones como el sureste mexicano, caracterizadas por climas cálidos y húmedos, las viviendas suelen construirse con materiales como block de concreto y losas de cemento, lo que influye en la calidad ambiental interior (Robles-Bonilla y Cedano, 2021). Estas condiciones, sumadas a la alta densidad urbana y las limitaciones económicas, afectan directamente el confort térmico y la calidad del sueño de los habitantes. El sistema propuesto se enfoca en la escala interior residencial, considerando variables ambientales dentro de espacios arquitectónicos comunes. Sin embargo, su diseño modular permite una posible expansión hacia la escala urbana, mediante redes de sensores interconectados que podrían generar mapas ambientales en tiempo real (González et al., 2022). Esta visión fortalece el aporte del estudio en términos de salud pública y planificación urbana.

En regiones como Yucatán, la temperatura media anual oscila entre 24 y 28°C, registrándose mínimas diferencias estacionales, lo que genera una demanda constante de confort térmico (Secretaría de Energía, 2020) los climas predominantes en México, la evolución del consumo eléctrico en el sector residencial en los últimos treinta y cinco años, los procesos que determinan la necesidad de usar energía para el confort térmico, las medidas de regulación técnica que se han adoptado en México para su mitigación, las implicaciones en varios aspectos de la vida social y económica del país, y recomendaciones para fortalecer las acciones realizadas a la fecha. Las conclusiones señalan que

el cumplimiento cabal de las regulaciones técnicas (NOM. En climas cálidos húmedos, 95% del tiempo las viviendas de interés social se encuentran fuera de la zona de confort estándar (27°C), lo que afecta directamente el bienestar de los habitantes. Además, en estas zonas el consumo eléctrico residencial ha crecido 6.6 veces desde los años noventa, lo que da cuenta de la presión energética asociada al confort térmico (Secretaría de Energía, 2020) los climas predominantes en México, la evolución del consumo eléctrico en el sector residencial en los últimos treinta y cinco años, los procesos que determinan la necesidad de usar energía para el confort térmico, las medidas de regulación técnica que se han adoptado en México para su mitigación, las implicaciones en varios aspectos de la vida social y económica del país, y recomendaciones para fortalecer las acciones realizadas a la fecha. Las conclusiones señalan que el cumplimiento cabal de las regulaciones técnicas (NOM. Estas condiciones refuerzan la necesidad de sistemas accesibles de monitoreo ambiental que permitan identificar y mitigar factores que afectan la calidad del aire interior y el confort en viviendas vulnerables.

En este contexto se desarrolló un nuevo sistema de monitoreo con variables relacionadas con la calidad del aire y el confort para su aplicación en viviendas, como herramienta para democratizar el acceso a la información ambiental y fomentar la cultura del cuidado del medio ambiente desde desarrollos residenciales. Su diseño unido a tecnologías de código abierto deriva en la posibilidad de expansión y mejora continua para generar un impacto positivo en el Sur global.

El usuario objetivo de este estudio son familias que habitan viviendas de interés social, para las que el monitoreo ambiental puede representar una herramienta clave que mejore su habitabilidad. En este sentido, el sistema se diseñó considerando las condiciones arquitectónicas y climáticas de viviendas comunes en Mérida, Yucatán, una ciudad que experimenta temperaturas extremas y alta humedad relativa (Sistema Meteorológico Nacional, 2020). Ello permitió evaluar el impacto del monitoreo ambiental en espacios donde el descanso puede verse comprometido por la falta de confort y la posible acumulación de contaminantes en el interior.

El objetivo fue el desarrollo de un sistema de monitoreo de bajo costo para atender necesidades específicas de localidades mexicanas con clima extremo, como Mérida, Yucatán. Estas necesidades incluyen la falta de acceso a tecnologías de monitoreo ambiental, la exposición prolongada a condiciones de calor y humedad que afectan el confort térmico y la ausencia de datos locales que permitan tomar decisiones informadas sobre el ambiente interior en viviendas vulnerables.

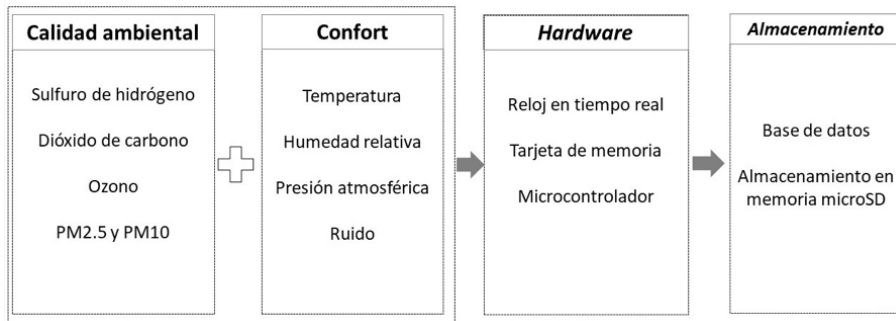
En este contexto, el sistema busca ofrecer una herramienta accesible y relevante para el monitoreo ambiental en entornos domésticos, considerando que el descanso y las horas de sueño son elementos clave para el bienestar de los usuarios.

METODOLOGÍA

El proceso metodológico para el desarrollo del sistema de monitoreo de bajo costo incluyó la revisión de sistemas comerciales diseñados para medir variables similares y la selección de los sensores que finalmente se emplearon para atender necesidades de comunidades mexicanas. La revisión de sistemas comerciales se usó como referencia para establecer los rangos de medición y las funcionalidades requeridas por el sistema propuesto. La eficiencia del sistema podría verse influida por factores contextuales como la ventilación cruzada, los materiales de construcción, los niveles de ocupación y las condiciones climáticas, especialmente en regiones con temperaturas extremas como Mérida, Yucatán.

En la figura 1 se presenta el resultado de esta búsqueda, que sintetiza las variables de medición. El costo total del sistema representa un ahorro de 90% en comparación con la adquisición de sistemas comerciales. Cabe mencionar que estos costos corresponden a la situación financiera global de 2023.

Figura 1. Elementos que conforman el sistema de medición. Elaboración propia.



Etapas del proceso metodológico: (a) selección y adquisición de sensores; (b) configuración del sistema de medición; (c) calibración y validación; (d) elección de caso de estudio para evaluar el sistema de medición; (e) base de datos y análisis de resultados. Uno de los procesos más importantes fue la calibración de los sensores, previamente documentada en Vázquez-Torres et al. (2024) mental, and social welfare. Two limitations to quantifying indoor po-

llutants (gases, chemical compounds, and suspended particles. En este caso, se empleó la referencia calibrada.¹ Para utilizar este método, los instrumentos usados en el proceso de calibración deben contar con un certificado que garantice que fue ajustado siguiendo estándares nacionales o internacionales.

De acuerdo con el proceso documentado previamente, la calibración se lleva a cabo colocando los dispositivos en un mismo ambiente, bajo las mismas condiciones, y se los programa para comenzar a medir simultáneamente. Este proceso se realizó durante cinco días, obteniéndose 1,445 pares de datos que se analizaron y se corrigieron a partir de la siguiente ecuación de corrección.

$$y=1.0476x+12.705 \quad (\text{Ecuación 1})$$

La aplicación de esta ecuación permitió ajustar las mediciones del sensor de bajo costo. En la siguiente ecuación, la “y” representa la variable medida en porcentaje, mientras que la “x” corresponde a la misma variable medida con el sensor de bajo costo. La diferencia entre ambas mediciones es el desfase, que se corrige mediante esta ecuación. Posteriormente, la etapa de validación concluyó al integrar satisfactoriamente este factor de ajuste en el código del microcontrolador.

El caso de estudio seleccionado para realizar mediciones y evaluar el funcionamiento del sistema corresponde a una vivienda localizada en la zona Central de Mérida, Yucatán. Esta vivienda fue edificada con muros de block de concreto, losas de concreto y acabados con mortero cemento-arena.

¹ Método que consiste en comparar las mediciones de un sensor de bajo costo con las de un instrumento ya calibrado previamente.

Figura 2. Distribución arquitectónica y ubicación del sistema de medición de bajo costo. Elaboración propia.



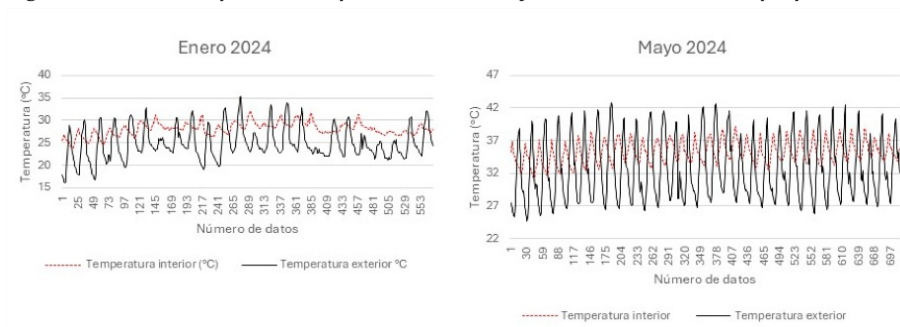
El símbolo rojo observado en la figura 2 indica la ubicación estratégica que se determinó para el sistema de medición y corresponde a la sala, un área común con ventilación cruzada. El sistema de ventilación característico de esta región permite el intercambio constante de aire al interior de este espacio, lo que implica un comportamiento típico de las condiciones ambientales en relación con los espacios arquitectónicos comunes.

Algunos de los componentes del sistema de medición son: sensor de dióxido de carbono (CO₂), sensor de partículas suspendidas (PM_{2.5}, PM₁₀), sensor de sulfuro de hidrógeno (H₂S), sensor de ozono (O₃), sensor de temperatura, sensor de humedad relativa, sensor de presión atmosférica, sensor de sonido, gabinete impreso en 3D, microcontrolador, y fuente de alimentación.

RESULTADOS

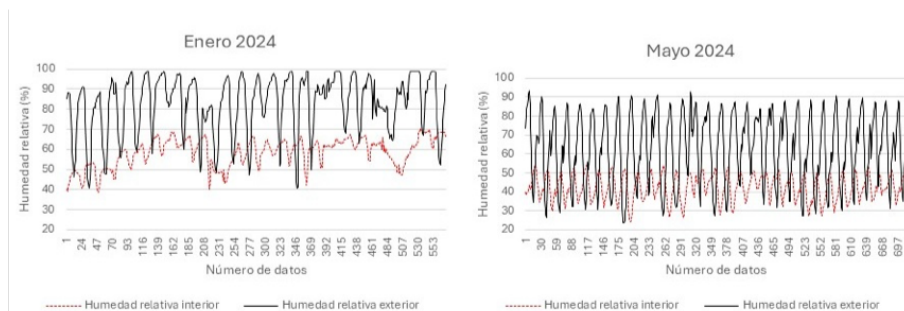
Como resultado se obtuvo una base de datos sólida. Para ejemplificar el funcionamiento de un sistema de medición de bajo costo en el sur de México, se presentan algunas de las variables de medición y su comportamiento para los meses de enero y mayo de 2024. En la figura 3 se presenta el comportamiento de la temperatura interior y exterior. Como se esperaba, la temperatura exterior mostró una oscilación superior respecto de la oscilación de la temperatura en el interior del caso de estudio. Esta variación se debe a la transferencia de calor entre las condiciones exteriores y los elementos de la envolvente, como los sistemas constructivos, el nivel de ocupación o número de habitantes.

Figura 3. Resultados para la temperatura interior y exterior. Elaboración propia.



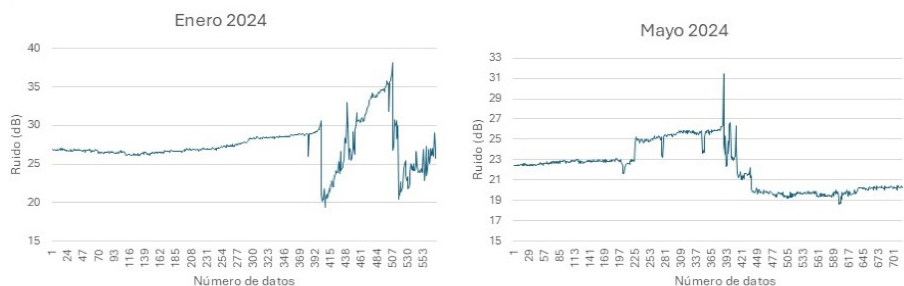
En la figura 4 se presentan los resultados para la humedad relativa en interior y exterior del caso de estudio. Además de la diferencia en la oscilación, se observa un incremento de la humedad para espacios interiores durante la temporada de más calor. Estos datos proporcionan información clave que derivan en estrategias pasivas efectivas.

Figura 4. Resultados para la humedad relativa (interior y exterior). Elaboración propia.



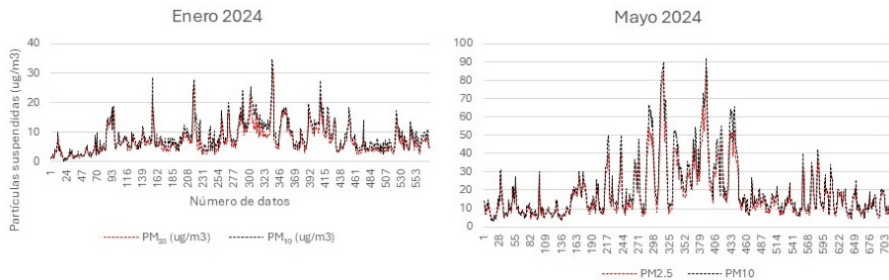
El ruido ambiental, medido en decibeles, se muestra en la figura 5. A lo largo del periodo de medición, esta variable presentó altibajos. Durante la segunda mitad de enero, se registraron niveles más altos, lo que sugiere un aumento en la actividad social en el entorno. Es importante señalar que las mediciones se realizaron mientras la vivienda estaba desocupada, por lo que las variaciones de ruido corresponden únicamente al ambiente exterior. En mayo, se observaron oscilaciones que coinciden con sonidos provenientes del entorno cercano.

Figura 5. Resultados para el ruido interior. Elaboración propia.



Finalmente, la figura 6 muestra el comportamiento de las partículas suspendidas en el aire. Se observó que las partículas de distintos tamaños presentan una presencia similar en el interior de la vivienda. Un aspecto destacado es la variación registrada durante el mes más cálido, cuando los niveles mostraron oscilaciones mayores en comparación con el mes más frío.

Figura 6. Resultados para las partículas suspendidas. Elaboración propia.



DISCUSIÓN

La calidad del aire en el hogar constituye un tema crítico, aunque poco explorado en contextos latinoamericanos, donde las evidencias indican su estrecha relación con el bienestar físico y mental de las personas. Diversos estudios han demostrado que dormir en ambientes mal ventilados o con presencia de contaminantes puede provocar efectos adversos en la calidad del sueño y la salud en general (Cedeño Quijada et al., 2022). En particular, la investigación evidenció que la calidad del aire en interiores puede comprometer las funciones de descanso, reparación y conservación de energía del cuerpo humano, y resaltó la necesidad de aplicar un enfoque más integral en los sistemas de ventilación y monitoreo ambiental (Ramírez Ruiz et al., 2024). La literatura científica indica que contaminantes como el dióxido de carbono (CO₂) pueden provocar somnolencia y afectar la concentración (Kang et al., 2024), mientras que las partículas PM_{2.5} y los compuestos orgánicos volátiles (voc) están asociados a la irritación respiratoria y a alteraciones en la arquitectura del sueño. El ozono (O₃) y el dióxido de nitrógeno (NO₂) también pueden influir negativamente en la calidad del descanso, especialmente en personas con afecciones respiratorias. Estos hallazgos refuerzan la necesidad de monitorear dichos contaminantes en espacios residenciales, para prevenir impactos en la salud del sueño. Diversos estudios han demostrado que la exposición prolongada a contaminantes como CO₂, PM_{2.5} y voc puede alterar los ciclos circadianos, reducir la duración del sueño profundo y aumentar la probabilidad de despertares nocturnos (Sun et al., 2024). Estas alteraciones afectan directamente la capacidad de recuperación física y mental durante el descanso. Por ello, el monitoreo ambiental en espacios residenciales representa una herramienta preventiva para mejorar la calidad del sueño en contextos vulnerables. El desarrollo de sistemas de monitoreo ambiental accesibles se presenta como una estrategia clave para visibilizar problemáticas cotidianas que afectan el confort en los hogares.

Los resultados obtenidos evidencian impactos relevantes en términos de accesibilidad tecnológica, posibilidad de mejora del confort ambiental y potencial de replicabilidad en contextos vulnerables. El sistema puede contribuir a la educación ambiental doméstica y generar datos útiles para el diseño de políticas públicas enfocadas en la salud y la habitabilidad. Además de los beneficios tecnológicos y educativos, se espera que el sistema contribuya directamente a mejorar el descanso nocturno en viviendas vulnerables. La identificación de condiciones ambientales adversas permite a los usuarios tomar decisiones informadas para mejorar la ventilación, reducir la exposición a contaminantes y optimizar el confort térmico, lo cual puede traducirse en una mejora en la calidad del sueño y, por ende, en la salud física y mental.

La incorporación de sensores de bajo costo en espacios residenciales incluye protocolos científicos y, sobre todo, aporta información clave para conocer el estado actual de la calidad del aire en los hogares mexicanos. A partir de esta base de datos, es posible generar estrategias individuales, regionales o nacionales enfocadas en el mejoramiento de políticas que favorecen la salud de los usuarios. Es importante señalar que el uso de sistemas de bajo costo en un sector social clave (el residencial), posee el potencial de incrementar el porcentaje de educación ambiental nacional y de uso de herramientas que en su origen suponen la democratización en el acceso a la información. Ambos elementos son indispensables para el desarrollo científico nacional en temas multidisciplinarios relacionados con las ciencias ambientales, sociales y humanas a través de la promoción del autocuidado doméstico (Paniagua Ríos y Vélez Pliego, 2022).

En muchos casos, el desarrollo tecnológico alcanzado en países de Primer Mundo no corresponde a las necesidades de la sociedad en América Latina. Por este motivo, se buscó integrar el sistema de bajo costo presentado en este manuscrito a la realidad del contexto social y espacial para el que fue desarrollado en el sur de México. En este sentido, Ramírez Ruiz et al., (2024) encontraron que el abordaje de aspectos enfocados en particular en el caso de estudio puede incrementar su impacto positivo en la salud pública. La generación de bases de datos en contextos locales siguiendo criterios científicos contribuye al fortalecimiento de redes de investigación locales y permite la toma de decisiones robustas y con mejores posibilidades de éxito.

Los resultados de este estudio iniciaron con un proyecto piloto aplicado a viviendas para mostrar el potencial y la replicabilidad efectiva como alternativa de mejora de las condiciones de salud en espacios domésticos a través de la mejora de la calidad del aire interior. Este proyecto se visualiza además

como una herramienta de educación ambiental en contacto directo con los usuarios de diferentes contextos.

Como línea de investigación futura, se considera pertinente evaluar el impacto de los sistemas de ventilación existentes (natural y mecánica) sobre la variabilidad de contaminantes en espacios de descanso, particularmente en dormitorios. Esta evaluación, complementada con datos estacionales y longitudinales, permitiría fortalecer la pertinencia del sistema desarrollado y ampliar su aplicación en estudios sobre salud ambiental.

CONCLUSIONES

Este estudio se centró en el desarrollo de un sistema de medición de bajo costo para cuantificar variables de la calidad ambiental y como herramienta necesaria para mejorar las condiciones de vida en Latinoamérica. Las largas jornadas laborales enfrentadas en los países latinoamericanos requieren un descanso adecuado que permita conservar la salud física y mental. Por este motivo, los espacios residenciales representaron un eje clave de atención de las condiciones ambientales, en aras de lograr el bienestar integral de los usuarios.

Se demostró que los sistemas de bajo costo representan una herramienta confiable y accesible con potencial para responder a necesidades regionales y nacionales inherentes a espacios arquitectónicos saludables. A escala nacional, la integración de bases de datos permite dimensionar las condiciones actuales y diseñar estrategias de mejora determinadas para una localidad o una región. Este enfoque, complementado con la participación ciudadana, determina una guía para el cuidado personal y la promoción de espacios residenciales que integren en su diseño elementos que promuevan la salud del sueño.

Finalmente, mediante la aplicación de este proyecto a entornos urbanos residenciales en México se buscó integrar soluciones factibles ante los retos ambientales enfrentados a nivel global. En paralelo, este sistema de recolección de datos ambientales aporta elementos de gobernanza e información al alcance de todo aquel interesado en la adaptación y mitigación del cambio climático a través de la envolvente. Como área de oportunidad, se considera una red interconectada de sensores en diferentes puntos de la ciudad objetivo, que integren resultados robustos para fortalecer y/o revisar políticas urbanas regionales.

AGRADECIMIENTOS

La autora agradece el apoyo de la SECIHTI a través de una beca posdoctoral al cvu 181807. Este manuscrito fue resultado de la colaboración en red con número de referencia LINGG25032 del programa LINGGLOBAL2025.

REFERENCIAS

- Cedeño Quijada, M., Solano, T., Mora, D., y Chen Austin, M. (2022). Evaluación del desempeño de sistemas de ventilación en salones de clase: Estudio numérico en edificios universitarios en Panamá. *Novasinerгия, Revista Digital de Ciencia, Ingeniería y Tecnología*, 5(1), 100-127. <https://doi.org/10.37135/ns.01.09.07>
- Díaz Ruiz, A. N., Arenas Taborda, A., Hoyos Bastidas, O., Ramírez Guerrero, D. F., Niño García, J. P., y García Chaves, M. C. (2022). Dinámica funcional de la comunidad bacteriana del lodo activado de una planta de tratamiento de agua residual y su relación con variables ambientales y de operación. *Revista Colombiana de Biotecnología*, 24(2), 26-35. <https://doi.org/10.15446/rev.colomb.biote.v24n2.101036>
- Gonzalez, V., Peralta, M., Faxas-Guzmán, J., y Frómata, Y. G. (2022). Real-Time Environmental Monitoring Platform for Wellness and Preventive Care in a Smart and Sustainable City with an Urban Landscape Perspective: The Case of Developing Countries. *Land*, 11(10). <https://doi.org/10.3390/land11101635>
- Hernández Guerrero, J. A. (2020). Valoración del paisaje urbanoambiental de Juriquilla y Santa Rosa Jáuregui, Querétaro, México. *Economía, Sociedad y Territorio*, 20(64), 633-666. <https://doi.org/10.22136/est20201608>
- Kang, M., Yan, Y., Guo, C., Liu, Y., Fan, X., Wargocki, P., y Lan, L. (2024). Ventilation causing an average CO2 concentration of 1,000 ppm negatively affects sleep: A field-lab study on healthy young people. *Building and Environment*, 249(800), 111118. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2023.111118>
- López-Muñoz, E. C., Enríquez, P. L., Saldaña-Vázquez, R. A., Hernández-Morales, F., y Vandame, R. (2022). Diversidad avifaunística y gremios tróficos en tres condiciones diferentes de cobertura vegetal selvática, al sur-

este de Chiapas, México. *Acta Zoológica Mexicana* (N.S.), 1-36. <https://doi.org/10.21829/azm.2022.3812434>

Orlando-Romero, L., Vives-Vergara, A., Valdebenito, R., Cortinez-O’Ryan, A., Baeza, F., y Rasse, A. (2023). “Mi vida va a ser mucho mejor de lo que ha sido”: estudio cualitativo sobre el vínculo entre regeneración de viviendas sociales, calidad de vida y salud. *Cadernos de Saúde Pública*, 39(5). <https://doi.org/10.1590/0102-311xes149822>

Paniagua Rios, J., y Vélez Pliego, F. (2022). Sostenibilidad y gobernanza ambiental. Análisis crítico del discurso de desarrollo sostenible planteado en la política pública sobre calidad del aire en Bogotá (2010-2020). *Trabajo Social*, 24(2), 181-214. <https://doi.org/10.15446/ts.v24n2.98790>

Ramírez Ruiz, J. L., Bustos Fonseca, M. E., Gomez Moyano, J. A., y Jimenez Cazar, B. N. (2024). Análisis de contaminantes atmosféricos como indicadores de la calidad del aire en comercios de insumos químicos agrícolas en el cantón Quevedo, Ecuador. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 8(5), 1291-1307. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i5.13552

Robles-Bonilla, T., y Cedano, K. G. (2021). Addressing thermal comfort in regional energy poverty assessment with nussbaumer’s mepi. *Sustainability* (Switzerland), 13(1), 1-16. <https://doi.org/10.3390/su13010352>

Rodríguez Potes, L. M., Osorio Chavez, H., Villadiego Bernal, K. D. C., y Padilla-Llano, S. (2018). Arquitectura y urbanismo sostenible en Colombia. Una mirada al marco reglamentario. *Bitácora Urbano Territorial*, 28(3), 19-26. <https://doi.org/10.15446/bitacora.v28n3.52051>

Secretaría de Energía (2020). *Eficiencia energética en el confort térmico en viviendas de clima cálido en México*.

Sistema Meteorológico Nacional (2020). Climatic conditions. <https://smn.conagua.gob.mx/es/climatologia/informacion-climatologica/normales-climatologicas-por-estado>

- Sun, J., Gui, C., Xiao, Y., Ma, R., Liu, C., He, L., Zhao, H., y Luo, B. (2024). Association between Exposure to Volatile Organic Compounds and the Prevalence of Sleep Problems in US Adults. *Toxics*, 12(3), 1–13. <https://doi.org/10.3390/toxics12030222>
- Uscanga Morales, L. A., y Perevochtchikova, M. (2020). De Pago por Servicios Ambientales Hidrológicos a Fondos Concurrentes: estudio de percepción social en una comunidad forestal de Oaxaca, México. *Sociedad y Ambiente*, 23, 1-31. <https://doi.org/10.31840/sya.vi23.2161>
- Vallejo-Sanchez, D., Muñoz-García, A., Chaverra-Zuleta, E., Correa-Casas, J., Londoño, L. F., y Bustamante-Rúa, O. (2024). Desarrollo de una Arquitectura IoT para monitoreo ambiental: integración de tecnologías de código abierto con proyección de aplicación en el sector minero. *DYNA*, 91(231), 163-168. <https://doi.org/10.15446/dyna.v91n231.112093>
- Vázquez-Torres, C. E., Quijano-Cetina, R. G., Sánchez-Domínguez, I., y Ali, B. (2024). Potencial de un sistema de bajo costo para medir la calidad ambiental interior en climas extremos latinoamericanos hacia la equidad energética. *Revista Hábitat Sustentable*, 14(2), 76-85. <https://doi.org/10.22320/07190700.2024.14.02.06>

Derechos de Autor © 2025 Vázquez Torres, Claudia Eréndira; Vargas Soto, Emily;
Bojorquez Morales, Gonzalo.



Este texto está protegido por una licencia [Creative Commons 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/). Usted es libre para Compartir, copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato y adaptar el documento, remezclar, transformar y crear a partir del material— para cualquier propósito, incluso para fines comerciales, siempre que cumpla la condición de: Atribución: Usted debe dar crédito a la obra original de manera adecuada, proporcionar un enlace a la licencia, e indicar si se han realizado cambios. Puede hacerlo en cualquier forma razonable, pero no de forma tal que sugiera que tiene el apoyo del licenciente o lo recibe por el uso que hace de la obra.