



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE SISTEMAS**

**Dispositivos inteligentes para la evaluación de la calidad del aire.
Una revisión sistemática de la literatura del 2020 - 2024**

TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO

DE:

Bachiller en Ingeniería de Sistemas

AUTORES:

Berrospi Basurto, Marco Antonio (orcid.org/0000-0002-4781-1957)

Torres Ramirez, Alfredo Alexander (orcid.org/0000-0002-4565-5161)

ASESORA:

Dra. Rodriguez Baca, Liset Sulay (orcid.org/0000-0003-1850-615X)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Sistema de Información y Comunicaciones

LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:

Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático

LIMA — PERÚ

2024



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE SISTEMAS**

Declaratoria de Autenticidad del Asesor

Yo, RODRIGUEZ BACA LISET SULAY, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA DE SISTEMAS de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA ATE, asesor de Tesis titulado: "Dispositivos inteligentes para la evaluación de la calidad del aire. Una revisión sistemática de la literatura del 2020 -2024", cuyos autores son TORRES RAMIREZ ALFREDO ALEXANDER, BERROSPI BASURTO MARCO ANTONIO, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 14%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender el Tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

En tal sentido, asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

LIMA, 21 de Junio del 2024

| Apellidos y Nombres del Asesor: | Firma |
|---|--|
| LISET SULAY RODRIGUEZ BACA DNI: 41353210 ORCID: 0000-0003-1850-615X | Firmado electrónicamente por: LRODRIGUEZB14 el 22-06-2024 09:40:20 |

Código documento Trilce: TRI - 0768637



Declaratoria de Originalidad de los Autores

Nosotros, BERROSPI BASURTO MARCO ANTONIO, TORRES RAMIREZ ALFREDO ALEXANDER estudiantes de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA DE SISTEMAS de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA ATE, declaramos bajo juramento que todos los datos e información que acompañan el Trabajo de Investigación titulado: "Dispositivos inteligentes para la evaluación de la calidad del aire. Una revisión sistemática de la literatura del 2020 -2024", es de nuestra autoría, por lo tanto, declaramos que el Trabajo de Investigación:

1. No ha sido plagiado ni total, ni parcialmente.
2. Hemos mencionado todas las fuentes empleadas, identificando correctamente toda cita textual o de paráfrasis proveniente de otras fuentes.
3. No ha sido publicado, ni presentado anteriormente para la obtención de otro grado académico o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados.

En tal sentido asumimos la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de la información aportada, por lo cual nos sometemos a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

| Nombres y Apellidos | Firma |
|---|--|
| TORRES RAMIREZ ALFREDO ALEXANDER DNI: 44508246 ORCID: 0000-0002-4565-5161 | Firmado electrónicamente por: ATORRESRA87 el 22-06-2024 09:52:23 |
| BERROSPI BASURTO MARCO ANTONIO DNI: 47496965 ORCID: 0000-0002-4781-1957 | Firmado electrónicamente por: MBERROSPIB el 22-06-2024 09:58:43 |

Código documento Trilce: INV - 1647496

Índice de Contenido

| | |
|---|------|
| CARÁTULA | i |
| DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD DEL ASESOR | ii |
| DECLARATORIA DE ORIGINALIDAD DEL AUTOR/ AUTORES | iii |
| DECLARATORIA DE ORIGINALIDAD DEL AUTOR/ AUTORES | iv |
| Índice de Contenido | v |
| Índice de Tablas | vi |
| Índice de Figuras | vii |
| Resumen | viii |
| Abstract | ix |
| I. INTRODUCCIÓN | 1 |
| II. METODOLOGÍA | 4 |
| III. RESULTADOS | 13 |
| IV. DISCUSIÓN | 18 |
| V. CONCLUSIONES | 19 |
| REFERENCIAS | 21 |

Índice de Tablas

| | | |
|----------|------------------------------------|----|
| Tabla 1. | Tabla de preguntas y motivación | 4 |
| Tabla 2. | Base de datos | 5 |
| Tabla 3. | Términos de búsqueda – Ecuaciones | 6 |
| Tabla 4. | Criterios de Inclusión y Exclusión | 8 |
| Tabla 5. | Resumen de resultado | 9 |
| Tabla 6. | Artículos filtrados | 10 |

Índice de Figuras

| | | |
|-----------|--|----|
| Figura 1. | Porcentaje de las fuentes de datos. | 6 |
| Figura 2. | Aplicación de criterios de inclusión y exclusión | 9 |
| Figura 3. | Total, de artículos Filtrados por Base de datos | 12 |

Resumen

Los avances técnicos que se han producido en los últimos tiempos han dado lugar a varias innovaciones. Estas innovaciones incluyen nuevas actualizaciones tanto de hardware como de software para dispositivos inteligentes, como teléfonos móviles, plataformas e incluso el Internet de las Cosas (IoT), que son herramientas que proporcionan asistencia en diversos ámbitos. Cuando hacemos un buen uso de estos avances técnicos, pueden ser de utilidad en diversos ámbitos, como en este estudio que se centra en un área tan crucial como la calidad del aire. Los aparatos inteligentes incorporan cada vez más avances tecnológicos. El estudio se realizó según la técnica del prisma. La investigación centró en el Objetivo de Desarrollo Sostenible 13, que pretende mejorar la educación y la capacidad para reducir los efectos del cambio climático y adaptarse a sus efectos. Por ello, se examina el potencial de los dispositivos inteligentes para evaluar la calidad del aire. El propósito de este estudio es adquirir los conocimientos necesarios para conocer los artículos que fueron tomados de diferentes bases de datos que fueron publicados entre los años 2020 y 2024. en los cuales pudimos obtener cuarenta y nueve artículos que apoyan adecuadamente nuestro estudio de manera fidedigna.

Palabras clave: Calidad ambiental, dispositivo inteligente, calidad del aire.

Abstract

The technical advances that have taken place in recent times have led to several innovations. These innovations include new upgrades in both hardware and software for smart devices, such as cell phones, platforms, and even the Internet of Things (IoT), which are tools that provide assistance in various fields. When we make good use of these technical advances, they can be of use to us in a variety of areas, as in this study that focuses on such a crucial area as air quality. Smart appliances are incorporating more and more technological advances. The study was conducted using the prism technique. The research focused on Sustainable Development Goal 13, which aims to improve education and capacity to reduce the effects of climate change and adapt to its effects. Therefore, the potential of smart devices to assess air quality is examined. The purpose of this study is to acquire the necessary knowledge to know the articles that were taken from the Scopus database and published between the years 2020 and 2024. in which we were able to obtain eighty articles that adequately support our study in a reliable manner.

Keywords: Environmental quality, smart device, air quality.

I. INTRODUCCIÓN

A nivel mundial, la calidad del aire viene siendo afectada y pocos países vienen tomando estrategias para poder mitigar la contaminación, por ello, viene trayendo diferentes impactos tanto en el medio ambiente y como consecuencia también hacia los ciudadanos. Ante esta realidad, los dispositivos inteligentes se vienen ajustando a las nuevas tecnologías de IoT, apoyando en lo socioambiental y como herramientas que vienen aportando a la evaluación de la calidad del aire.

Asimismo el propósito de esta tesis es contribuir al Objetivo de Desarrollo Sostenible 13 (ODS13) sobre Acción por el Clima, haciendo especial hincapié en el objetivo 13.3. Este objetivo pretende mejorar la educación y la concienciación, así como la capacidad humana e institucional, para reducir los efectos del cambio climático, adaptarse a sus efectos, mitigar sus efectos y proporcionar alerta temprana. El Secretario General de las Naciones Unidas, Antonio Guterres, destacó que el calentamiento global es el riesgo sistémico mundial más importante en un futuro próximo. Al mismo tiempo, está avanzando más rápidamente de lo previsto y es uno de los problemas más importantes a los que se enfrenta la humanidad.

Según JEBASEELI Y OTROS (2024), en su investigación propuso un mecanismo para monitorear la contaminación del aire en ambientes interiores y exteriores. El sistema inteligente de IoT que se propuso examinó las causas y consecuencias de la contaminación atmosférica, además de realizar un análisis exhaustivo del monitoreo de la calidad del aire y desarrollar un método eficiente basado en IoT para evaluar el índice de calidad del aire. Aunque ya existían varios dispositivos inteligentes destacados para vigilar la calidad del aire, la investigación sobre este tema seguía siendo un desafío. El modelo AMPS (Sistema Telefónico Móvil Avanzado) inteligente basado en IoT representó un esfuerzo por crear dispositivos de monitoreo de la calidad del aire que fueran inteligentes, de bajo consumo energético y altamente efectivos, capaces de realizar un seguimiento continuo y enviar alertas o notificaciones sobre la contaminación del aire, tanto en interiores como en exteriores y para las personas pertinentes para su posterior análisis.

Según LIU C. Y OTROS (2023), en su investigación realizada en China, a través de un estudio de casos a nivel nacional, se ha obtenido nueva evidencia convincente sobre las relaciones significativas entre los contaminantes atmosféricos y la incidencia de la fibrilación auricular (FA). Los resultados revelan

que incluso las exposiciones transitorias a PM2.5, PM10, NO2 y CO pueden aumentar considerablemente el riesgo de episodios de FA, y las tendencias de exposición-respuesta indican que no hay niveles seguros para estos contaminantes. Asimismo, se observó que ciertas poblaciones, como las mujeres, los ancianos y aquellos expuestos durante la temporada fría, podrían tener un mayor riesgo de FA asociada con la contaminación del aire. Estos descubrimientos resaltan la importancia de monitorear los episodios de FA mediante dispositivos inteligentes portátiles, especialmente en grupos vulnerables, y subrayan la necesidad apremiante de políticas e intervenciones dirigidas a reducir la exposición a contaminantes atmosféricos perjudiciales.

Según BACHECHI (2024), en un estudio realizado en Italia, enfatiza la importancia de la calibración de los sensores en el mismo entorno en el que se ejecutará dicho dispositivo para mejorar su precisión. Además menciona que se requieren calibraciones repetidas debido a su deterioro con el tiempo por lo que es importante crear un marco de código abierto para gestionar la calibración de sensores en tiempo real. Por último, resalta la utilidad de los sensores de bajo costo para monitorear la calidad del aire en áreas desatendidas por dispositivos tradicionales. Además PANTELIC Y OTROS (2024), emplearon un sistema de dispositivo IoT para controlar la contaminación del aire producida por la cocina de manera eficiente. Esta investigación fue realizada en el estado Minnesota, Estados Unidos, para lo cual se evaluó las emisiones de sensores de partículas (PM2.5) en el interior de los módulos residenciales durante la preparación de alimentos. Estos algoritmos lograron considerablemente una mejora de la calidad del aire en comparación con un suministro de aire constante que a su vez evidencia el consumo energético como un costo adicional. De tal manera resalta la importancia de colocar sensores de monitoreo PM para una respuesta rápida.

Según ALVEAR Y OTROS (2022), abordaron en su investigación el creciente problema de contaminación del aire que afecta en el entorno urbano. Para ello, se centraron en evaluar las condiciones ambientales en la ciudad de Ibarra, Ecuador, a través de un dispositivo inteligente que permita implementarse mediante la tecnología IoT el monitoreo ambiental de portátiles en vehículos, lo cual mantenga vigilancia continua en tiempo real de la calidad del aire, facilitando la toma de decisiones para mitigar los efectos negativos.

Además CHANCHÍ Y OTROS (2024), Enfatizan la necesidad de llevar a cabo las actividades académicas presenciales, asegurando un entorno seguro y saludable hacia la calidad del aire en las aulas. Por ello, presenta el desarrollo de un sistema IoT que monitorea y analiza los niveles de CO₂ en las aulas educativas utilizando herramientas y tecnologías de hardware y software libres.

Este estudio presenta una revisión sistemática de la literatura sobre los dispositivos inteligentes y la calidad del aire. Por ello, posee como motivación identificar a través de los dispositivos inteligentes la evaluación de la calidad del aire basado en los sensores IoT, llevando a cabo una detallada revisión bibliográfica de diferentes bases de datos indexadas para recopilar información académicas y científicas.

II. METODOLOGÍA

Se utilizó la metodología PRISMA para poder realizar las revisiones sistemáticas y poder documentar de forma transparente el porqué de la revisión. Y se propusieron las siguientes preguntas de investigación para determinar la dirección precisa del estudio y el análisis de datos para cumplir con los objetivos establecidos:

Tabla 1. Tabla de preguntas y motivación

| Preguntas de investigación | Motivación |
|---|--|
| P01 ¿Qué implicaciones tiene la adopción de IoT en el monitoreo de la calidad del aire para la salud pública? | Identificar las implicaciones que tiene la adopción de IoT en el monitoreo de la calidad del aire para la salud pública. |
| P02 ¿En qué tipos de entornos se suelen desplegar sensores de calidad del aire? | Identificar en qué entornos se suelen desplegar los sensores de calidad del aire |
| P03 ¿Cuáles son los principales aportes de los dispositivos IoT al monitoreo ambiental en los últimos cinco años? | Identificar de qué manera aportan los dispositivos IoT al monitoreo ambiental en los últimos cinco años |
| P04 ¿Qué procedimientos son empleados para determinar la precisión y sensibilidad en los sensores de calidad del aire? | Identificar los procedimientos empleados para determinar la precisión y sensibilidad de un sensor de calidad del aire |

Fuente: elaboración propia

Para la revisión bibliográfica, se emplearon bases de datos académicas y científicas de alto impacto, estas fuentes garantizan la calidad y relevancia de los artículos seleccionados de acuerdo al siguiente detalle:

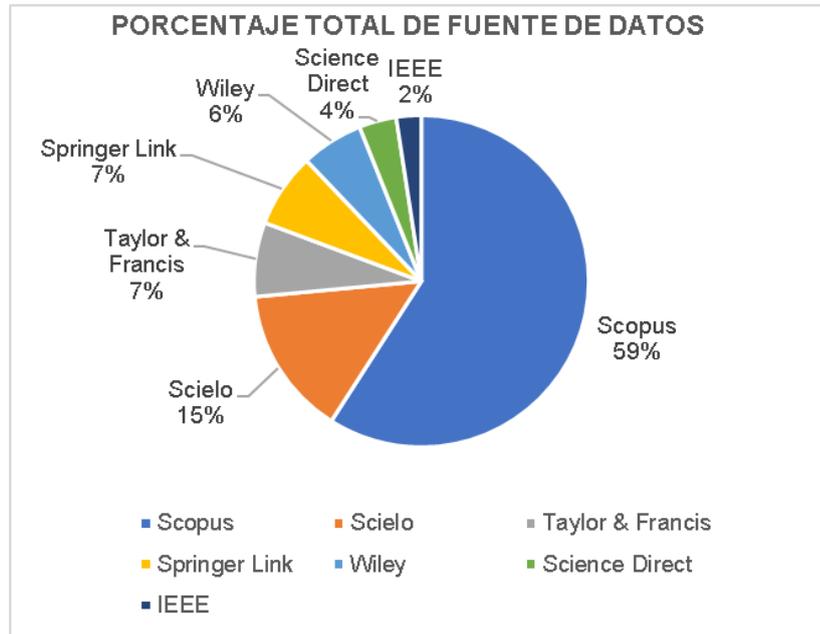
Tabla 2. Base de datos

| Base de datos | Cantidad | Porcentaje |
|----------------------|-----------------|-------------------|
| Scopus | 49 | 59.04% |
| Scielo | 12 | 14.46% |
| Taylor & Francis | 6 | 7.23% |
| Springer Link | 6 | 7.23% |
| Wiley | 5 | 6.02% |
| Science Direct | 3 | 3.61% |
| IEEE | 2 | 2.41% |
| Total | 83 | 100% |

Fuente: elaboración propia

Como se muestra en la tabla, Scopus es la fuente más consultada para la mayoría de los artículos de investigación con (59.04%), mientras Scielo contribuye con el (14.46%), Taylor & Francis (7.23%), Springer Link (7.23%). Wiley, Science Direct y IEEE aportan el (12.4%), respectivamente. Para garantizar una revisión bibliográfica completa ante la diversidad de fuentes.

Figura 1. Porcentaje de las fuentes de datos.



Fuente: elaboración propia

La fuente principal de datos es Scopus, que proporciona el 59% de los artículos (49 de 83). Esto demuestra que más del 50% de los artículos revisados provienen de esta base de datos, siendo una fuente confiable para la investigación.

Tabla 3. Términos de búsqueda – Ecuaciones

| Base de datos | Ecuación |
|---------------|--|
| Scopus | <p>(TITLE (smart AND device)) pub year < 2020</p> <p>(TITLE (smart AND device) AND TITLE-ABS-KEY (ppm)) pub year < 2020</p> <p>(TITLE (smart AND device) AND TITLE-ABS-KEY (air quality)) pub year < 2020</p> <p>(TITLE (smart AND device) AND TITLE-ABS-KEY (pollutants)) pub year < 2020</p> <p>(TITLE (smart AND device) AND TITLE-ABS-KEY (sensors))</p> |

| | |
|------------------|--|
| | <p>pub year < 2020</p> <p>(TITLE (IoT AND CO2)) pub year < 2020</p> <p>(TITLE (smart AND devices) AND TITLE -ABS-KEY (air AND monitoring)) pub year < 2020</p> <p>(sensors AND smart) < 2020</p> |
| Scielo | <p>(device smart AND air quality (Topic)) pub year < 2020</p> <p>(sensors AND air quality (Topic)) pub year < 2020</p> |
| Taylor & Francis | <p>[All: device smart] AND [All: air quality] pub year < 2020</p> <p>[All: portable sensors] AND [All: air quality] pub year < 2020</p> |
| Wiley | <p>("IoT devices" OR "IoT sensors") AND ("Indoor air quality" OR "Outdoor air quality") AND (("Continuous monitoring" OR "Real-time monitoring") OR "Data analysis") pub year < 2020</p> <p>("IoT devices" OR "IoT sensors") AND ("Indoor air quality" OR "Outdoor air quality") pub year < 2020</p> |
| Springer Link | <p>(device smart AND air quality) pub year < 2020</p> <p>(arduino AND Air pollution) pub year < 2020</p> <p>(device smart AND Air pollution) pub year < 2020</p> |
| Science Direct | <p>(smart device AND air quality) pub year < 2020</p> <p>(sensors AND air quality) pub year < 2020</p> |
| IEEE | <p>("All Metadata":sensors) AND ("All Metadata":air quality) pub year < 2020</p> <p>("All Metadata":device smart) AND ("All Metadata":air quality) pub year < 2020</p> |

Fuente: elaboración propia

Los criterios de inclusión y exclusión Se establecieron para optimizar la búsqueda de artículos seleccionados, enfocándose en publicaciones recientes y revisadas por pares que abordan específicamente el uso de **dispositivos inteligentes** en la evaluación de la **calidad del aire**.

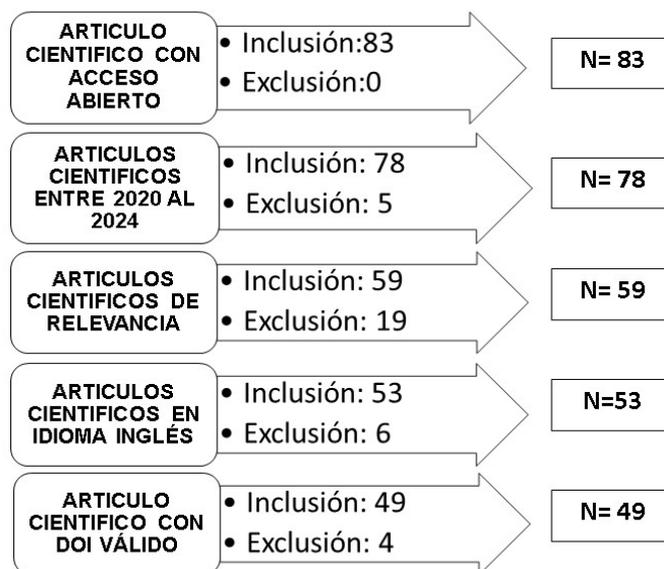
Tabla 4. Criterios de Inclusión y Exclusión

| Criterios | | |
|------------------|------------|---|
| Inclusión | I01 | Artículos científicos con acceso abierto |
| | I02 | Artículos científicos entre 2020 al 2024 |
| | I03 | Artículos científicos de relevancia al tema de investigación |
| | I04 | Artículos científicos en idioma inglés |
| | I05 | Artículos científicos con DOI válido |
| Exclusión | E01 | Artículos científicos sin acceso abierto |
| | E02 | Artículos científicos fuera del rango 2020 al 2024 |
| | E03 | Artículos científicos sin relevancia al tema de investigación |
| | E04 | Artículos científicos que no aborden el idioma inglés |
| | E05 | Artículos científicos con DOI no válidos |

Fuente: elaboración propia

Como gestión de la revisión se detalla que en esta revisión de literatura aborda las preguntas de investigación planteadas con un total de 83 artículos, proporcionando información relevante y específica sobre las variables de estudio.

Figura 2. Aplicación de criterios de inclusión y exclusión



Fuente: elaboración propia

Como síntesis del resultado se puede mencionar que se examinaron 49 artículos seleccionados como muestra en la siguiente **Tabla 05**, abordando el estudio de las variables: dispositivos inteligentes y calidad del aire en respuestas a las preguntas de investigación.

Tabla 5. Resumen de resultado

| Base de datos | Pre criterios | Incluidos | Excluidos | Porcentaje (%) |
|------------------|---------------|-----------|-----------|----------------|
| Scopus | 49 | 18 | 31 | 37% |
| Scielo | 12 | 10 | 2 | 20% |
| Taylor & Francis | 6 | 6 | 0 | 12% |
| Springer Link | 6 | 6 | 0 | 12% |
| Wiley | 5 | 4 | 1 | 8% |

| | | | | |
|----------------|-----------|-----------|-----------|-------------|
| Science Direct | 3 | 3 | 0 | 6% |
| IEEE | 2 | 2 | 0 | 4% |
| total | 83 | 49 | 34 | 100% |

Fuente: elaboración propia

En la **Tabla 06** se visualizan los artículos seleccionados por base de datos, siendo Scopus la base de datos con un mayor porcentaje. A continuación, se detallan las contribuciones de otras bases de datos, destacando el papel de cada una en la recopilación de la información necesaria para el estudio.

Tabla 6. Artículos filtrados

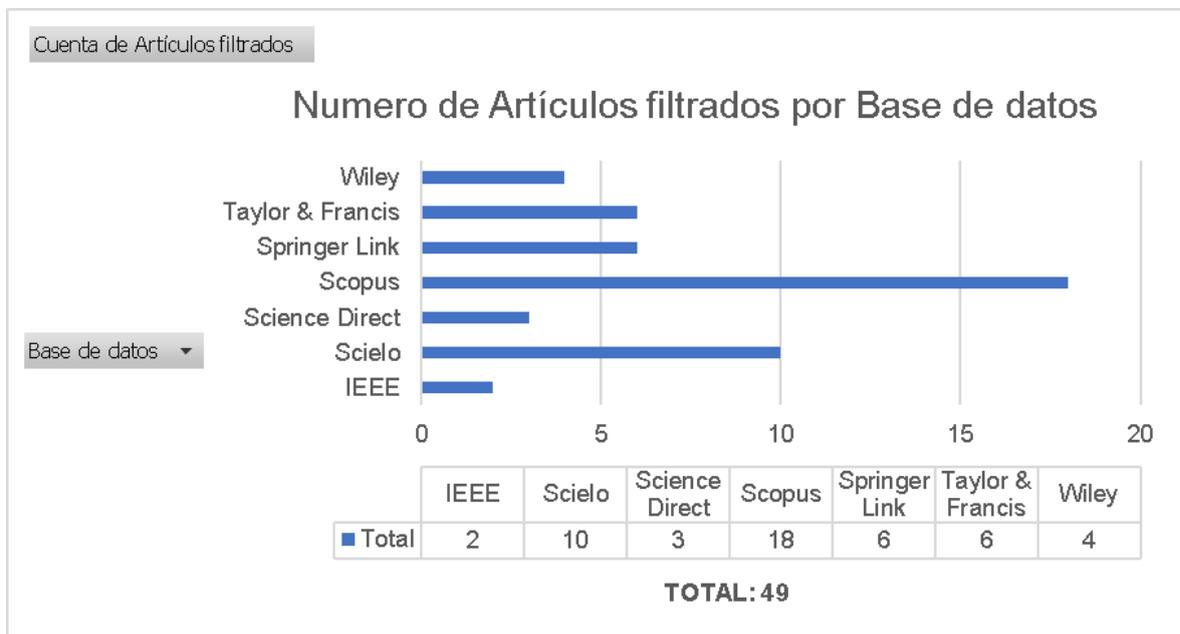
| Base de datos | Artículos filtrados |
|----------------------|---|
| Scopus | <ul style="list-style-type: none"> ● Yang, S., Yu, B., Liao, K., Reinhardt, J.D., Dou, Q. ● Jebaseeli, T.J., Kim, D., Lee, D. ● Manwaring, K. ● Liu, J., Liu, G., Zhao, H., Qiu, J., Dong, Z. Y. ● Kang, H., Lee, C., Kang, S.J. ● Lee, S.-J., Song, S.-Y. ● Alattar, A.E., Mohsen, S. ● Zhang, Q., Wang, H., Zhu, X., Kan, H., Chen, R. ● Nizeyimana, E. ,Nsenga, J., Shibasaki, R., Hanyu Wimfura, D., Hwang, J. ● Erol, U., Raimondo, F., Pope, J., Khan, A., Oikonomou, G. ● Chanchi-Golondrino, G.E. , Ospina-Alarcón, M.A., Rodríguez-Baca, L.S. ● Liu, C., Tai, M., Hu, J., Kang, H., Chen, R. ● Bachechi, C., Rollo, F., Po, L. ● Pantelic, J., Son, Y.J., Staven, B., Liu, Q. ● Alvear-Puertas, V.E., Burbano-Prado, Y.A., Rosero-Montalvo, P.D., Marcillo, F., Hernandez, W. ● Omar Ramírez, Brayan Hernandez-Cuellar, Jesús D. de la Rosa. ● Gangwar, Amisha; Singh, Sudhakar; Mishra, Richa; Prakash, Shiv. ● Barandun, Giandrin; Gonzalez-Macia, Laura; Lee, Hong Seok; Dincer, Can; Güder, Firat. |

| | |
|------------------|--|
| Scielo | <ul style="list-style-type: none"> ● Salamone, F; Masullo, M and Sibilio, S. ● Carotenuto, F; Bisignano, A; (...); Giovannini, L. ● Kang, Y; Aye, L; (...); Zhou, J. ● Zhang, H and Srinivasan, R. ● Chojer, H; Branco, PTBS; (...); Sousa, SIV. ● Borodinecs, A; Palcikovskis, A and Jacnevs, V. ● Raysoni, AU; Pinakana, SD; (...); Temby, O. ● Ullo, SL and Sinha, GR. ● Omidvarborna, H; Kumar, P; (...)Nascimento, EGS. ● Alfano, B; Barretta, L; (...); Polichetti, T. |
| Taylor & Francis | <p>Ródenas García, M., Spinazze, A., Branco, P. T. B. S., Borghi, F., Villena, G., Cattaneo, A., ... Sousa.</p> <p>H. Langley DeWitt , Walter L. Crow y Bradley Flowers.</p> <p>Joseph P. Marto , Jie Zhang y James J. Schwab.</p> <p>Ran Huang, Raj Lal, Momei Qin, Yongtao Hu, Armistead G. Russell, M. Talat Odman, Sadia Afrin, Fernando Garcia-Menendez & Susan M. O'Neill.</p> <p>Yoo Min Park.</p> <p>Jinxi Hua, Yuanxun Zhang, Benjamin de Foy, Xiaodong Mei, Jing Shang, Yang Zhang, Ishaq Dimeji Sulaymon & Dandan Zhou.</p> |
| Springer Link | <ul style="list-style-type: none"> ● Julio Buelvas, Danny Múnera, Diana P. Tobón V, Johnny Aguirre & Natalia Gaviria. ● Mohamed Fahim, Abderrahim El Mhouti, Tarik Boudaa & Abdeslam Jakimi. ● M. Anitha and Lakshmi Sutha Kumar. ● Bethanne Janney John ,Chandana Harish ,Carolina Chriselda Lawrence ,Samikan Krishnakumar ,Sindú Divakaran ,Jayapal Premkumar ,Paul Grace Kanmani ,Annadurai Sabarivani yAravind Kumar Jagadeesan. ● Arshi, O., Mondal, S. ● Isaac, NA, Pikaar, I. y Biskos, G. |
| Wiley | <ul style="list-style-type: none"> ● Jiancheng Lin, Mohamed Kilani, and Guangzhao Mao. ● Yanan Xiao, He Li, Chen Wang, Si Pan, Junming He, Ao Liu, Jing Wang, Peng Sun, Fangmeng Liu, and Geyu Lu. ● Mohammad Ghamari 1 CinnaSoltanpur2 Pablo Rangel3 WilliamA, Groves4 Vladislav Kecojevic. ● Iqra Rafiq, Anzar Mahmood, Sohail Razzaq, S. Hassan M. Jafri, Imran |

| | |
|----------------|--|
| | Aziz. |
| Science Direct | <ul style="list-style-type: none"> • Saverio De Vito, Girolamo Di Francia, Elena Esposito, Sergio Ferlito, Fabrizio Formisano, Ettore Massera. • T. Lakshmi Narayana, C. Venkatesh b, Ajmeera Kiran c, Chinna Babu J b, Adarsh Kumar d, Surbhi Bhatia Khan e f, Ahlam Al Musharraf g, Mohammad Tabrez Quasim h. • Juliana P. Sá, Maria Conceição M. Alvim-Ferraz, Fernando G. Martín, Sofia IV Sousa. |
| IEEE | <ul style="list-style-type: none"> • Martha Arbayani Zaidan; Naser Hossein Motlagh; Pak L. Fung; David Lu; Hilka Timonen; Joel Kuula; Jarkko V. Niemi; Sasu Tarkoma; Tuukka Petäjä; Markku Kulmala; Tareq Hussein. • Dan Zhang; Simon S. Woo. |
| TOTAL | 49 Artículos filtrados |

Fuente: elaboración propia

Figura 3. Total, de artículos Filtrados por Base de datos



Fuente: elaboración propia

III. RESULTADOS

Al realizar un análisis exhaustivo, se logró responder a las inquietudes de investigación:

P01: ¿Qué implicaciones tiene la adopción de IoT en el monitoreo de la calidad del aire para la salud pública?

YANG (2024), destaca la importancia de integrar dispositivos inteligentes y tecnologías mHealth en estrategias más amplias de salud pública. Sugiriendo el uso de herramientas como el ensayo controlado aleatorio (ECA) para promover estilos de vida saludables y prevenir enfermedades crónicas. A comparación de **KANG** (2023) este propone usar tecnologías IoT específicamente el Smart Plug Hub (SPH), indicando que para monitorear las actividades diarias de los pacientes es necesario evaluar diferentes aspectos de la vida de esa forma tendría implicaciones significativas para la salud. Por otra parte, **ALATTAR** (2023), subraya la capacidad del IoT para monitorear contaminantes de manera continua y emitir alertas tempranas como datos útiles para el análisis epidemiológico, similarmente, **ZHANG Q.** (2023), coincide en su investigación, mencionando que monitorear los diversos contaminantes a corto plazo traerán consecuencias aumentando el riesgo a problemas específicos de salud como la apnea obstructiva del sueño. Además, **NIZEYIMANA** (2022), enfatiza la importancia de la temporalidad y la especificidad en el monitoreo de la calidad del aire para proteger la salud de los más susceptibles como niños y personas vulnerables indicando que capturar datos en tiempo real es de gran impacto significativo. Mientras que **JOHN** (2022), señala que los dispositivos IoT han mejorado la detección temprana de contaminantes, facilitando acciones inmediatas para mitigar problemas de salud como enfermedades respiratorias, incluyendo asma, neumonía e hipertensión pulmonar entre otros. Finalmente, **RAYSONI** (2023), resalta la importancia de proporcionar acceso a datos subrayando la participación comunitaria y preventiva del monitoreo ambiental.

Los **aportes** contribuidos sobre la implicación que tiene la adopción de IoT para la salud pública son integrar dispositivos inteligentes y tecnologías mHealth para estrategias de salud preventiva, emitir alertas tempranas sobre

contaminantes y mejorar la detección de enfermedades respiratorias y otros problemas de salud relacionados con la calidad del aire.

P02: ¿En qué tipos de **entornos** se suelen desplegar sensores de calidad del aire?

En relación a los entornos industriales **JEBASEELI** (2024), destaca la necesidad de mecanismos para monitorear la calidad del aire en diversos ambientes interiores y exteriores, debido a sus altas emisiones de gases y partículas. Mientras que **LIU J.** (2024), se centra en la estimación de emisiones de carbono en tiempo real, aplicando métodos avanzados en fábricas industriales. Así mismo **GHAMARI** (2021), evalúa la importancia del monitoreo en la minería subterránea para prevenir enfermedades pulmonares por inhalación de polvo de carbón siendo un tipo específico de entorno industrial. Por otro lado, respecto a los entornos vehiculares **ALVEAR** (2022), resalta el uso de dispositivos portátiles para recopilar datos mientras los vehículos se desplazan por la ciudad. Para los entornos urbanos residenciales **LEE** (2023), se enfoca en el desempeño de ventanas inteligentes en edificios residenciales en Corea del Sur y prevé el despliegue de sensores en entornos urbanos y suburbanos. Así mismo, **BORODINECS** (2022) menciona la efectividad de estos sensores en entornos residenciales y otros edificios, influenciada por la presencia de sistemas de ventilación. Por último, en referencia a los entornos agrícolas y zonas específicas **FAHIM** (2023), destaca la utilidad de los sensores en el entorno agrícola y zonas turísticas, utilizando estaciones meteorológicas para monitorear condiciones ambientales específicas. Mientras que **RAMÍREZ** (2023) subraya el uso de estos sensores en varios entornos, que pueden incluir áreas rurales o específicas en campus universitarios.

Los **aportes** significativos sobre el despliegue de los sensores en los entornos, es que en la calidad del aire se utilizaron en industrias para monitorear emisiones, en vehículos para recolectar datos en movimiento, y en áreas residenciales, urbanas, agrícolas y turísticas para mejorar la calidad ambiental y las condiciones de vida.

P03: ¿Cuáles son los principales **aportes** de los dispositivos IoT al monitoreo ambiental en los últimos cinco años?

MANWARING (2024), destaca la importancia de abordar el problema de los desechos electrónicos promoviendo la sostenibilidad y el derecho a reparar, mientras que **LIU C.** (2023), enfatiza la evolución de herramientas avanzadas que permiten una detección precisa en tiempo real de diversos contaminantes. Por otro lado, **PANTELIC** (2023), demuestra la eficacia de estos dispositivos en controlar la contaminación del aire doméstico y reducir el consumo energético, en contraste, **ANITHA** (2023), resalta que, además de monitorear los dispositivos IoT pueden purificar el aire utilizando múltiples filtros. De tal manera, **RODENAS** (2022), menciona cómo estos dispositivos han revolucionado el monitoreo ambiental, proporcionando herramientas de alta resolución y bajo costo para la identificación de fuentes de emisiones, mientras que **PARK** (2021) se enfoca en su contribución a proyectos educativos, visualización y análisis de datos en tiempo real para enfrentar desafíos ambientales y de salud pública. Además, **LAKSHMI** (2024) enumera diversos beneficios como el monitoreo en tiempo real a distancia, y la mejora de los estándares medioambientales, mientras que **SALAMONE** (2021) destaca el desarrollo de wearables inteligentes que ahora pueden monitorear factores ambientales. Por otro lado, **CAROTENUTO** (2023) señala la capacidad de ampliar la cobertura de los datos de calidad del aire, haciéndolos más accesibles y portátiles proporcionando mejora continua. **ZHANG H.** (2020) y **ULLO** (2020) coinciden en que la perfección y accesibilidad de los sensores han contribuido a cumplir con los estándares internacionales de calidad del aire y han mejorado la precisión y eficiencia de los sistemas de monitoreo. Mientras que **LIN** (2023) menciona el desarrollo de nanosensores con alta sensibilidad y respuesta rápida para la detección de gases, no obstante **XIAO** (2023) y **ZHANG D.** (2020), resaltan su integración en aparatos móviles fijando mayor cobertura, haciéndolos ideales para diversas aplicaciones. **RAFIQ** (2023) y **GANGWAR** (2023) señalan la conectividad avanzada, adquisición eficiente de datos y uso de algoritmos de aprendizaje automático y big data como avances clave en áreas como ciudades inteligentes y salud. Además, **BARANDUN** (2023)

menciona los sensores de gas eléctricos impresos como una alternativa económica y accesible, mientras que **ARSHI** (2023) destaca la mejora en precisión y durabilidad de los sensores y actuadores, proporcionando seguridad en los datos obtenidos.

Los principales **aportes** de los dispositivos IoT al monitoreo ambiental en los últimos cinco años son que los dispositivos IoT mejoraron el monitoreo ambiental con detección precisa de contaminantes, reducción del consumo energético, y purificación del aire, además de proporcionar herramientas de bajo costo y alta resolución. También avanzaron en conectividad y el uso de algoritmos avanzados, beneficiando las ciudades inteligentes y la salud pública.

P04: ¿Qué procedimientos son empleados para determinar la **precisión** y **sensibilidad** en los sensores de calidad del aire?

EROL (2024) sugiere comparar datos de dispositivos IoT con equipos de referencia de alta precisión para evaluar parámetros como temperatura, humedad, y gases. Similarmente, **BUELVAS** (2023) y **DEWITT** (2020) destacan la importancia de comparar lecturas de sensores con sistemas de monitoreo reconocidos y métodos de referencia federales. Por otro lado, **BACHECHI** (2024) y **SAVERIO DE VITO** (2020) enfatizan la calibración repetida en el entorno de uso y la adaptación a cambios estacionales para mantener la precisión. Mientras que, **CHANCHÍ** (2023) se centra en la captura de datos a intervalos regulares y el uso de algoritmos para el análisis de patrones y detección de anomalías. Además, **MARTO** (2020) y **JULIANA** (2022) combinan comparaciones con métodos de referencia, análisis estadísticos avanzados y evaluaciones en diversos entornos. No obstante, **HUA** (2021) utiliza modelos de calibración específicos para diferentes condiciones de humedad, mientras que **HUANG** (2021), aplica un modelo de transporte químico y un método de fusión de datos para integrar concentraciones de pm2.5. Mientras que, **OMIDVARBORNA** (2021), resalta la calibración de técnicas estadísticas para corregir desviaciones, y **ALFANO** (2020), menciona el uso de métodos de referencia en el entorno operativo para evaluar precisión y desempeño. Para ello, **CHOJER** (2020), agrega que complementar con procedimientos de validación es importante para

mantener su precisión una vez evaluada. De tal manera **KANG** (2022), evalúa la relación de medidas entre sensores y métodos de referencia utilizando el error cuadrático medio (RMSE). **ARBAYANI** (2020) emplea modelos de aprendizaje automáticos para calibrar sensores de pm2.5, mejorando el rendimiento de sensores de bajo costo mediante calibraciones de campo inteligentes. **ISAAC** (2022) se enfoca en regularizar la alta sensibilidad y selectividad de los sensores para detectar pequeñas variaciones de gases en concentraciones bajas.

Los **aportes** considerables para los procedimientos de precisión y sensibilidad de los sensores de calidad del aire son la comparación con equipos de referencia, calibraciones repetidas, análisis de datos avanzados, y métodos específicos como modelos de calibración y aprendizaje automático.

Entre los resultados obtenidos sobre las diferentes revisiones se considera con mayor relevancia a ALATTAR (2023). Esta respuesta aborda de manera integral el tema, desde su enfoque incluye no sólo el monitoreo continuo de la calidad del aire, sino también alertas tempranas y el análisis epidemiológico como:

Monitoreo continuo: Garantiza que cualquier cambio en la calidad del aire se detecte de inmediato.

Alertas Tempranas: Permite a las autoridades y a los ciudadanos tomar rápidamente medidas preventivas para mitigar los impactos negativos en la salud.

Análisis epidemiológico: Ayuda a comprender mejor la relación entre la exposición a contaminantes y las enfermedades, lo cual es vital para la planificación de políticas de salud pública.

IV. DISCUSIÓN

En base a los resultados analizados sobre los dispositivos inteligentes y su evaluación hacia la calidad del aire durante los último cinco años se ha convertido en una prioridad su integración en diversos aspectos siendo significativos para el desarrollo socioambiental, de acuerdo aquellas implicaciones que puedan prevenir a la salud mencionamos a Alattar y Zhang Q, quienes coinciden en realizar monitoreos de manera continua con el fin de emitir alertas tempranas ante las afectaciones de mayor riesgo entre niños y personas vulnerables. Por otro lado, es considerable optar por diferentes métodos que puedan complementar la evaluación del aire como menciona Yang, y el uso de nuevas tecnologías de salud móvil (mHealth). Sin embargo, Kang propone tecnologías como Smart Plus Hub (SPH), ambos complementos gestionan las actividades diarias como estilos de vida de manera preventiva y es de necesidad optar por diferentes soluciones. Por otra parte, la integración y el desarrollo de estos dispositivos permiten que puedan ser empleados en diferentes entornos tales como aplican Jebaseeli, Liu J. y Ghamari, enfocando sus estudios a entornos industriales, mientras que Alvear y Lee, aplican su investigación para entornos urbanos como residenciales siguiendo el desarrollo de implementación como hogares inteligentes. Además, es de mencionar que a lo largo de los últimos 5 años se han generados contribuciones significativas que puedan ampliar la utilidad de los dispositivos IoT con nuevos mecanismos y herramientas como menciona Manwaring, resaltando la importancia de reutilizar o reparar dichos dispositivos con el fin de evitar la generación de residuos, mientras que Liu C. Resalta herramientas que proporcionen mayor precisión de los datos en tiempo real. Por otro lado, Rodenas y Pantelic, respaldan la capacidad de los dispositivos recalcando su efectividad para identificar las fuentes de emisiones que se generan utilizando sensores de bajo costo. Realizar una evaluación constante sobre el monitoreo ambiental requiere de procedimientos que son fundamentales por ello mencionamos a, Erol y Bachechí, quienes resaltan los procesos de calibración a partir de utilizar equipos tradicionales como referencia, teniendo en cuenta que la aplicación del dispositivo será puesto en práctica en un mismo entorno.

V. CONCLUSIONES

En el presente artículo de investigación se llevó a cabo una revisión sistemática de la literatura, analizando artículos publicados entre el año 2020 hasta el 2024. En total, se revisaron 83 artículos provenientes de 7 bases de datos de alto impacto. Aplicando criterios de inclusión y exclusión, se seleccionaron aproximadamente 49 artículos que contribuirán al desarrollo de aplicaciones de sensores de bajo costo para su uso en diversos campos, tales como atenciones médicas, hogares inteligentes, seguridad industrial, seguridad alimentaria, seguridad pública, entre otros que preserven el medio ambiente.

De acuerdo a la formulación de preguntas se obtuvieron las siguientes conclusiones:

1. Respecto a las implicaciones de la adopción de IoT en el monitoreo de la calidad del aire para la **salud pública** se concluye que: Aporta de manera significativa al proporcionar datos precisos, alertas tempranas y acciones preventivas para proteger la salud de la población frente a los efectos adversos de la contaminación del aire.
2. En relación a los tipos de **entornos** en los que se suelen desplegar sensores de calidad del aire se concluye lo siguiente: Los sensores de calidad del aire se despliegan en una amplia variedad de entornos, desde industriales y urbanos hasta vehiculares, agrícolas, turísticos, residenciales, de minería subterránea y universitarios, con el objetivo de monitorear y garantizar una mejor calidad del aire para la salud y seguridad de las personas.
3. Vinculados a los principales **aportes** de los dispositivos IoT al monitoreo ambiental en los últimos cinco años se concluye que: Los dispositivos IoT han realizado importantes contribuciones al monitoreo ambiental en los últimos años, mejorando la precisión, eficiencia, sostenibilidad y utilidad de los sistemas de monitoreo, así como ampliando su alcance y aplicación en diversos campos.
4. Por último, en referencia a los procedimientos empleados para determinar la precisión y sensibilidad en los sensores de calidad del aire se concluye lo

siguiente: La comparación con equipos de referencia, la captura de datos regular, la calibración en el mismo entorno y la comparación con sistemas de monitoreo son esenciales para garantizar la precisión de los sensores de calidad del aire. La combinación de estos enfoques, junto con análisis avanzados y técnicas de fusión de datos, proporciona una evaluación completa de la precisión y sensibilidad de los sensores, mejorando su rendimiento y confiabilidad en diversas condiciones ambientales.

REFERENCIAS

ALATTAR, A.E. A Survey on Smart Wearable Devices for Healthcare Applications. *Wireless personal communications*. [online]. 2023, 132(1), 775–783. ISSN 0929-6212. Dostupné z: doi:10.1007/s11277-023-10639-2

ALFANO. "A Review of Low-Cost Particulate Matter Sensors from the Developers' Perspectives" *Sensors* 20, (2020). no. 23: 6819. <https://doi.org/10.3390/s20236819>

ALVEAR-PUERTAS, V.E. Smart and Portable Air-Quality Monitoring IoT Low-Cost Devices in Ibarra City, Ecuador. *Sensors*. [online]. 2022, 22(18). ISSN 1424-8220. Dostupné z: doi:10.3390/s22187015

ANITHA, M. Development of an IoT-Enabled Air Pollution Monitoring and Air Purifier System. *MAPAN* 38, 669–688 (2023). <https://doi.org/10.1007/s12647-023-00660-y>

ARBAYANI, M. "Intelligent Calibration and Virtual Sensing for Integrated Low-Cost Air Quality Sensors," in *IEEE Sensors Journal*, vol. 20, no. 22, pp. 13638-13652, 15 Nov.15, 2020, doi: 10.1109/JSEN.2020.3010316.

ARSHI, O. Avances en tecnologías de sensores y actuadores para ciudades inteligentes: una revisión exhaustiva. 2023. *Construcción inteligente. Sostener. Ciudades* 1 , 18. <https://doi.org/10.1007/s44268-023-00022-2>

BACHECHI, C. HypeAIR: A novel framework for real-time low-cost sensor calibration for air quality monitoring in smart cities. *Ecological informatics*. [online]. 2024, 81. ISSN 1574-9541. Dostupné z: doi:10.1016/j.ecoinf.2024.102568

BARANDUN, G. Challenges and Opportunities for Printed Electrical Gas Sensors. *ACS Sensors* [online]. 2022, 7(10), 2804–2822. ISSN 2379-3694. Dostupné z: doi:10.1021/acssensors.2c01086

BORODINECS. "Indoor air CO2 sensors and possible measurement uncertainties: a review and example of practical measurements" *Energies* 15, no. 19: 6961. <https://doi.org/10.3390/en15196961>

BUELVAS, J. Data Quality in IoT-Based Air Quality Monitoring Systems: a Systematic Mapping Study. *Water Air Soil Pollut* 234, 248 (2023). <https://doi.org/10.1007/s11270-023-06127-9>

CAROTENUTO, F. Redes de monitoreo de la calidad del aire de bajo costo para campañas de campo a largo plazo: una revisión . *Aplicaciones meteorológicas* , (2023). 30 (6), en 2161. <https://doi.org/10.1002/met.2161>

CHANCHI-GOLONDRINO, G.E. IoT system for CO2 level monitoring and analysis in educational environments | *System IoT do monitorowania i analizy*

poziomu CO₂ w środowiskach edukacyjnych. *Przegląd Elektrotechniczny* [online]. 2023, 99(1), 140–146. ISSN 0033-2097. Dos Tupé z: doi:10.15199/48.2023.01.27

CHOJER, H. Development of low-cost indoor air quality monitoring devices: Recent advancements, *Science of The Total Environment*, Volume 727, 2020, 138385, ISSN 0048-9697, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.138385>.

DEWITT, H. L. Performance evaluation of ozone and particulate matter sensors. *Journal of the Air & Waste Management Association*, (2020). 70(3), 292–306. <https://doi.org/10.1080/10962247.2020.1713921>

EROL, U. Multi-sensor, multi-device smart building indoor environmental dataset. *Data in Brief* [online]. 2023, 49. ISSN 2352-3409. Dostupné z: doi:10.1016/j.dib.2023.109392

FAHIM, M. Modeling and implementation of a low-cost IoT-smart weather monitoring station and air quality assessment based on fuzzy inference model and MQTT protocol. *Model. Earth Syst. Environ.* 9, 4085–4102 (2023). <https://doi.org/10.1007/s40808-023-01701-w>

GANGWAR, A. The State-of-the-Art in Air Pollution Monitoring and Forecasting Systems Using IoT, Big Data, and Machine Learning. *Wireless personal communications*. [online]. 2023, 130(3), 1699–1729. ISSN 0929-6212. Dostupné z: doi:10.1007/s11277-023-10351-1

GHAMARI, M. Laboratory and field evaluation of three low-cost particulate matter sensors. *IET Wireless. Sens. Syst.* 12(1), 21–32 (2022). <https://doi.org/10.1049/wss2.12034>

HUA, J. Improved PM_{2.5} concentration estimates from low-cost sensors using calibration models categorized by relative humidity. *Aerosol Science and Technology*, (2021). 55(5), 600–613. <https://doi.org/10.1080/02786826.2021.1873911>

HUANG, R. Application and evaluation of a low-cost PM sensor and data fusion with CMAQ simulations to quantify the impacts of prescribed burning on air quality in Southwestern Georgia, USA. *Journal of the Air & Waste Management Association*, (2021). 71(7), 815–829. <https://doi.org/10.1080/10962247.2021.1924311>

ISAAC, N. Nanomateriales semiconductores de óxido metálico para sensores de gases de calidad del aire: principios operativos, rendimiento y técnicas de síntesis. 2022, *Microchim Acta* 189, 196. <https://doi.org/10.1007/s00604-022-05254-0>

JEBASEELI, T.J. MODELING A SMART IOT DEVICE FOR MONITORING INDOOR AND OUTDOOR ATMOSPHERIC POLLUTION. *Scalable*

computing : practice and experience. [online]. 2024, 25(1), 547–556. ISSN 1895-1767. Dostupné z: doi:10.12694/scope.v25i1.2359

JOHN, B. Monitoring indoor air quality using smart integrated gas sensor module (IGSM) for improving health in COPD patients. *Environ Sci Pollut Res* 30, 28889–28902 (2023). <https://doi.org/10.1007/s11356-022-24117-y>

JULIANA P. Sá. Sousa, Application of the low-cost sensing technology for indoor air quality monitoring: A review, *Environmental Technology & Innovation*, Volume 28, 2022, 102551, ISSN 2352-1864, <https://doi.org/10.1016/j.eti.2022.102551>

KANG, H. A smart device for non-invasive ADL estimation through multi-environmental sensor fusion. *Scientific reports*. [online]. 2023, 13(1). ISSN 2045-2322. Dostupné z: doi:10.1038/s41598-023-44436-5

KANG, Y. Performance evaluation of low-cost air quality sensors: A review, *Science of The Total Environment*, Volume 818, 2022, 151769, ISSN 0048-9697, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.151769>.

LAKSHMI, N. C. Advances in real time smart monitoring of environmental parameters using IoT and sensors, *Heliyon*, Volume 10, Issue 7, 2024, e 28195, ISSN 2405-8440, <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e28195>.

LEE, S.-J. Energy efficiency, visual comfort, and thermal comfort of suspended particle device smart windows in a residential building: A full-scale experimental study. *Energy and buildings* [online]. 2023, 298. ISSN 0378-7788. Dostupné z: doi:10.1016/j.enbuild.2023.113514

LIN, J. Recent Advances in Integrating 1D Nanomaterials into Chemiresistive Gas Sensor Devices. (2020). *Adv. Mater. Technol.*, 8: 2202038. <https://doi.org/10.1002/admt.202202038>

LIU, C. Application of smart devices in investigating the effects of air pollution on atrial fibrillation onset. *NPJ digital medicine* [online]. 2023, 6(1). ISSN 2398-6352. Dostupné z: doi:10.1038/s41746-023-00788-w

LIU, J. Real-time industrial carbon emission estimation with deep learning-based device recognition and incomplete smart meter data. *Engineering Applications of Artificial Intelligence* [online]. 2024, 127. ISSN 0952-1976. Dostupné z: doi:10.1016/j.engappai.2023.107272

MANWARING, K. ‘Slowing down the loop’: smart devices and the right to repair. *International review of law, computers & technology*. [online]. 2024. ISSN 1360-0869. Dostupné z: doi:10.1080/13600869.2024.2324535

MARTO, J. P. Plume analysis from field evaluations of a portable air quality monitoring system. *Journal of the Air & Waste Management Association*, (2021). 71(1), 70–80. <https://doi.org/10.1080/10962247.2020.1834010>

NIZEYIMANA, E. Design of Smart IoT Device for Monitoring Short-term Exposure to Air Pollution Peaks. *International journal of advanced computer science & applications*. [online]. 2022, 13(1), 17–24. ISSN 2156-5570. Dos Tupé z: doi:10.14569/IJACSA.2022.0130103

OMIDVARBONA. "Low-Cost Air Quality Sensing towards Smart Homes" (2021). *Atmosphere* 12, no. 4: 453. <https://doi.org/10.3390/atmos12040453>

PANTELIC, J. Cooking emission control with IoT sensors and connected air quality interventions for smart and healthy homes: Evaluation of effectiveness and energy consumption. *Energy and buildings* [online]. 2023, 286. ISSN 0378-7788. Dostupné z: doi:10.1016/j.enbuild.2023.112932

PARK, Y. M. (2022). A GPS-enabled portable air pollution sensor and web-mapping technologies for field-based learning in health geography. *Journal of Geography in Higher Education*, (2022). 46(2), 241–261. <https://doi.org/10.1080/03098265.2021.1900083>

RAFIQ, Y. Aplicaciones y desafíos de IoT en ciudades y servicios inteligentes . *J. Ing.* 2023 , 1 – 25 (2023). <https://doi.org/10.1049/tje2.12262>

RAMÍREZ, O. Air quality monitoring on university campuses as a crucial component to move toward sustainable campuses: An overview. *Urban Climate* [online]. 2023, 52. ISSN 2212-0955. Dos Tupé z: doi:10.1016/j.uclim.2023.101694

RAYSONI, A. "A Review of Literature on the Usage of Low-Cost Sensors to Measure Particulate Matter" (2023). *Earth* 4, no. 1: 168-186. <https://doi.org/10.3390/earth4010009>

RÓDENAS, G . Review of low-cost sensors for indoor air quality: Features and applications. *Applied Spectroscopy Reviews*, (2022). 57(9–10), 747–779. <https://doi.org/10.1080/05704928.2022.2085734>

SALAMONE, F., MASULLO, M. and SIBILIO, S., 2021. Wearable Devices for Environmental Monitoring in the Built Environment: A Systematic Review. *Sensors*, (2021), vol. 21, no. 14, pp. 4727 ProQuest Central. DOI <https://doi.org/10.3390/s21144727>.

SAVERIO DE VITO. Adaptive machine learning strategies for network calibration of IoT smart air quality monitoring devices, *Pattern Recognition Letters*, Volume 136, 2020, Pages 264-271, ISSN 0167-8655, [https://doi.org/10.1016/j.patrec.\(2020\).04.032](https://doi.org/10.1016/j.patrec.(2020).04.032).

ULLO. "Advances in Smart Environment Monitoring Systems Using IoT and Sensors" (2020). *Sensors* 20, no. 11: 3113. <https://doi.org/10.3390/s20113113>

XIAO, Y. Room Temperature Wearable Gas Sensors for Fabrication and Applications. (2023). *Adv. Sensor Res.*, 3: 2300035. <https://doi.org/10.1002/adsr.202300035>

YANG, S. Effectiveness of a socioecological model-guided, smart device-based, self-management-oriented lifestyle intervention in community residents: protocol for a cluster-randomized controlled trial. *BMC public health*. [online]. 2024, 24(1). ISSN 1471-2458. Dostupné z: [doi:10.1186/s12889-023-17073-w](https://doi.org/10.1186/s12889-023-17073-w)

ZHANG D. Real Time Localized Air Quality Monitoring and Prediction Through Mobile and Fixed IoT Sensing Network, in *IEEE Access*, vol. 8, pp. 89584-89594, 2020, doi: 10.1109/ACCESS.2020.2993547.

ZHANG, H. "A Systematic Review of Air Quality Sensors, Guidelines, and Measurement Studies for Indoor Air Quality Management" *Sustainability* 12, no. 21: 9045. <https://doi.org/10.3390/su12219045>

ZHANG, Q. Air pollution may increase sleep apnea severity: A nationwide analysis of smart device-based monitoring. *Innovation* [online]. 2023, 4(6). ISSN 2666-6758. Dostupné z: [doi:10.1016/j.xinn.2023.100528](https://doi.org/10.1016/j.xinn.2023.100528)