

ARTÍCULO ORIGINAL

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA ESTACIÓN
MICROCONTROLADORA REMOTA PARA LA MONITORIZACIÓN
DE PARÁMETROS DE CALIDAD DEL AIRE**

Diego David Delpino Miño¹, Víctor Milciades Portillo Sosa²

Recibido: 27/ enero/ 2023

Aprobado: 08/ marzo/ 2023

¹ Licenciado en Análisis de Sistemas, Facultad de Ciencias Aplicadas- Universidad Nacional de Pilar mdelpino167@gmail.com; dieguiski95@hotmail.com

² Investigador Principal del Programa de Investigación “Monitoreo de los humedales del Ñeembucú aplicando sensoramiento remoto y computación en la nube”, Facultad de Ciencias Aplicadas- Universidad Nacional de Pilar mdelpino167@gmail.com; dieguiski95@hotmail.com

Diseño e implementación de una estación microcontroladora remota para la monitorización de parámetros de calidad del aire

Resumen:

La propuesta se justifica ante la necesidad de incorporar tecnología en el ámbito de la salud pública que contribuya con las tareas de alerta y adopción de medidas preventivas ante determinados escenarios derivados de valores paramétricos fuera de rangos aceptables. El objetivo es el diseño e implementación de una estación microcontroladora remota para la monitorización de parámetros de calidad del aire, como alternativa a los dispositivos comercializados, dada su factibilidad técnica, económica, humana, logística y de responsabilidad social para su adopción en el ámbito regional. La adopción de dispositivos de medición de parámetros climáticos ambientales resulta del interés general para el ámbito de la salud pública y el logro de una calidad de vida aceptable en el ámbito de la vida urbana. La operativización se ha realizado teniendo en cuenta la bibliografía, los recursos disponibles, las experiencias desarrolladas en el ámbito nacional y una metodología basada en la identificación, instalación y uso de software de uso libre basadas en plataformas Android. Los resultados son auspiciosos, demostrándose el logro del objetivo del trabajo a través de la operativización de diversas estaciones en la región sur del País, quedando pendiente el relacionado con la promoción y uso en la comunidad.

Palabras clave: Estación microcontroladora remota, Calidad del aire, Salud pública, Android.

Ñemombyky

Ko tembiapo imbarete oĩgui tekotevẽ oñemoinge haguã tecnología, salud pública-pe, péicha rupi oipytyvõ tembiapo ikatuhaguãicha oipytyvó umi tenda oúva valores paramétricos noĩriva rangos aceptables-pe. Ko jehypytyvoirã ha'e jejapo ha ñemoĩ peteĩ estación microcontroladora remota ojejapo haguã monitorización pe parámetro yvytuguigua, oguerékogui pe factibilidad técnica, económica, humana, logística ha responsabilidad social, ojeipuru haguã ñane región-pe. Pe dispositivo de medición de parámetros climáticos ambientales iporã ojeipuru salud pública-pe ikatuhaguãicha oĩ tekove porãve tekohápe. Ko tembipo ojejapo ojehechakuaa bibliografía, ha mba'e ojeguerékóva, mba'ekuaa ojeguerékóva tetãme ha peteĩ tapereko ojepuendáva pe identificación, instalación ha software libre plataforma Android jeipurúre. Pe tembiapógui osẽva iporã ha ojeypyty tapereko oĩva'ekue tembiapópe, pe operativización rupive tenda sur ñane retãre, ha opyta tembiaporã jeikuaauka távape.

Ñe'ẽ mbarete: Estación microcontroladora, Yvytuguigua, Salud pública-pe, Android

Design and implementation of a remote microcontroller station for monitoring air quality parameters

Abstract

The proposal is justified by the need to incorporate technology in the field of public health that contributes to the tasks of alerting and adopting preventive measures in certain scenarios derived from parametric values outside of acceptable ranges. The objective is the design and implementation of a remote microcontroller station for the monitoring of air quality parameters, as an alternative to commercialized devices, given its technical, economic, human, logistical and social responsibility feasibility for its adoption at the regional level. The adoption of devices for measuring environmental climatic parameters is of general interest for the field of public health and the achievement of an acceptable quality of life in the field of urban life. The operationalization has been carried out taking into account the bibliography, the available resources, the experiences developed at the national level and a methodology based on the identification, installation and use of free software based on Android platforms. The results are auspicious, demonstrating the achievement of the objective of the work through the operationalization of various stations in the southern region of the Country, remaining pending the one related to the promotion and use in the community

Keywords: Remote microcontroller station, Air quality, Public health, Android.

Introducción:

La calidad del aire es un problema global preocupante debido a su impacto en la salud humana y el medio ambiente (WHO, 2021). La Organización Mundial de la Salud (OMS) ha informado que la contaminación del aire causa aproximadamente 7 millones de muertes prematuras cada año (OMS, 2021). En consecuencia, la monitorización continua de los parámetros de calidad del aire resulta fundamental para evaluar y mejorar la calidad del aire en diversos entornos (EPA, 2020).

En este contexto, la implementación de tecnologías de sensores remotos ha permitido la monitorización en tiempo real de diferentes parámetros de calidad del aire. Según González-Márquez et al. (2019), la utilización de redes de sensores para la monitorización de la calidad del aire ha posibilitado la obtención de datos más precisos y en tiempo real, lo que facilita la toma de decisiones en relación a la gestión ambiental.

El diseño e implementación de una estación microcontroladora remota para la monitorización de parámetros de calidad del aire se presenta como una solución práctica y efectiva. Según Cetinkaya et al. (2021), el uso de microcontroladores permite la integración de múltiples sensores en una sola plataforma, lo que facilita la recolección de datos en tiempo real de diversos parámetros, como temperatura, humedad, concentración de gases y partículas en suspensión, entre otros. Esta estación permite la recolección de datos en tiempo real a través de una red de sensores conectados a un microcontrolador.

La importancia de la monitorización continua de los parámetros de calidad del aire ha sido ampliamente reconocida en todo el mundo. Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), "La contaminación del aire es el mayor riesgo ambiental para la salud en todo el mundo y causa más de siete millones de muertes prematuras cada año" (OMS, 2018). Por lo tanto, resulta vital contar con soluciones prácticas y efectivas para evaluar y mejorar la calidad del aire en diferentes entornos.

La implementación de una estación microcontroladora remota para la monitorización de parámetros de calidad del aire se presenta como una solución efectiva y accesible. López et al. (2021) afirmaron que el diseño y la implementación de esta estación permiten la recolección de datos en tiempo real, proporcionando información valiosa para la toma de decisiones y la planificación de acciones específicas.

El uso de esta tecnología permite la recolección de datos precisos y en tiempo real de

diversos parámetros, como temperatura, humedad, concentración de gases y partículas en suspensión, entre otros. Estos datos son esenciales para evaluar la calidad del aire y tomar medidas para mejorarla.

El objetivo de este artículo es describir el diseño e implementación de una estación microcontroladora remota para la monitorización de parámetros de calidad del aire y analizar los resultados obtenidos en diferentes entornos. Se detallará la metodología utilizada para la selección de los sensores, la configuración del microcontrolador, la programación y la conexión de la red de sensores. En consecuencia, este artículo busca aportar al avance de la investigación en la calidad del aire al presentar una solución práctica y efectiva para la monitorización de sus parámetros a través de una estación microcontroladora remota.

Objetivos:

Desarrollar y evaluar una estación microcontroladora remota para la monitorización de parámetros de calidad del aire, que contribuya a proporcionar una solución eficiente y económica para el seguimiento en tiempo real de los niveles de contaminantes en el aire, con el fin de coadyuvar la mejora de la calidad del aire y proteger la salud pública.

Métodos:

Para el desarrollo e implementación de una estación microcontroladora remota para la monitorización de parámetros de calidad del aire, se siguieron los siguientes pasos:

1. **Revisión bibliográfica:** Se realizó una revisión bibliográfica exhaustiva, a fin de contextualizar el estado del arte relacionado con el tema a abordar y comprender las metodologías y tecnologías empleadas en la monitorización de la calidad del aire, las características de los sensores disponibles en el mercado y las ventajas y limitaciones de los sistemas microcontrolados aplicables al propósito establecido.
2. **Diseño y construcción de la estación microcontroladora remota:** A fin de definir las especificaciones técnicas de la estación, seleccionar los componentes, y diseñar y montar el circuito electrónico de la estación microcontroladora; teniendo en cuenta los tipos de sensores seleccionados para su uso, la arquitectura del microcontrolador, el protocolo de comunicación y la fuente de energía.
3. **Calibración y validación de la estación:** Consistente en la realización de pruebas para validar la funcionalidad de la estación y verificar la precisión de los datos obtenidos. Para ello, se realizaron mediciones para su posterior comparación de los resultados

obtenidos con los datos de referencia.

4. **Análisis de datos:** Procesamiento realizado de manera automática a partir de los datos obtenidos por la estación microcontroladora. Los datos son accesibles de manera remota por dispositivos habilitados al propósito. Los datos son analizados para determinar la calidad del aire en tiempo real tomando como referencia la escala AQÍ (EPA, 2016). En este paso se pueden utilizar herramientas estadísticas y de visualización de datos para identificar patrones y tendencias en los datos de los sensores.
5. **Resultados y discusión:** Se presentan los resultados obtenidos de la estación microcontroladora remota y se discuten algunas de las implicaciones de los hallazgos para la monitorización de la calidad del aire, considerando las limitaciones y las mejoras a ser adoptadas en la estación.
6. **Conclusiones y recomendaciones:** En que se resume los resultados del estudio y se abordan algunas recomendaciones para futuras investigaciones y mejoras en la estación microcontroladora remota, destacándose la relevancia de la estación para la monitorización de la calidad del aire y su potencial impacto en la salud pública.

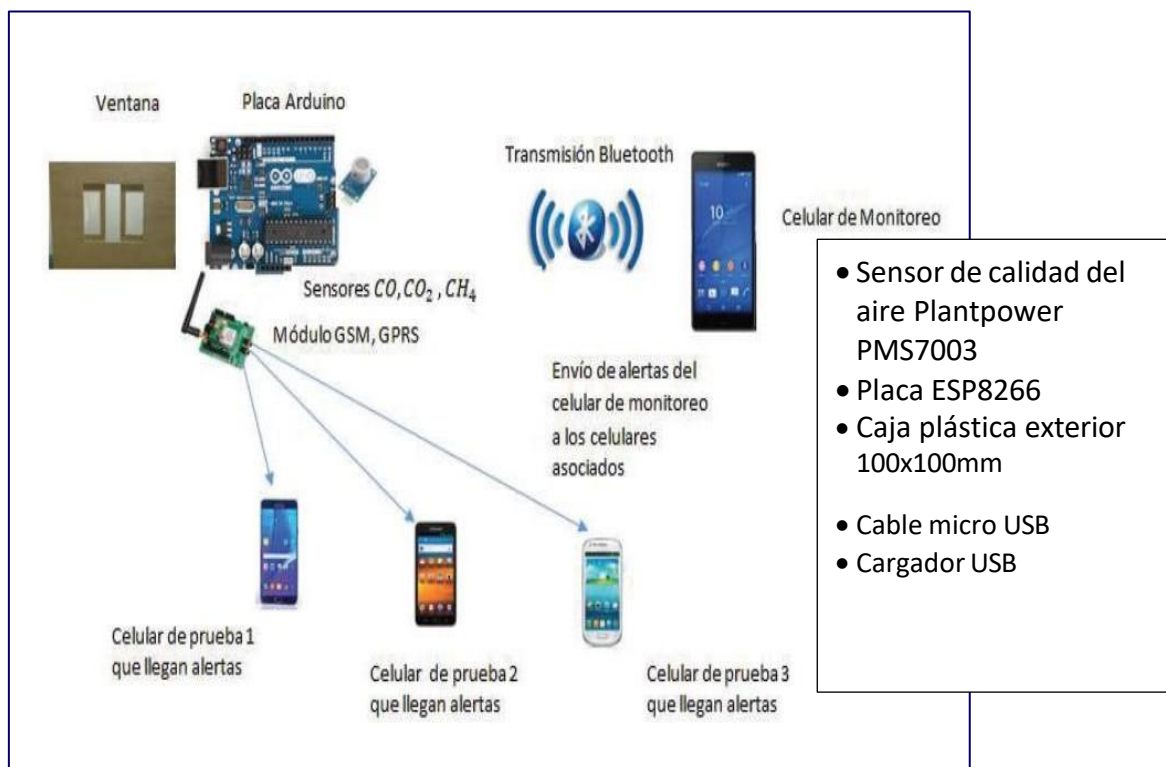


Figura 1. Esquema de funcionamiento de la estación y materiales utilizados.

Resultados:

Los resultados obtenidos se sintetizan en los siguientes puntos:

A partir del objetivo y la metodología presentados en este trabajo, es necesario desarrollar pericias y competencias para operar estos dispositivos con el fin de difundirlos y utilizarlos masivamente. Durante la etapa de propuesta, un equipo de personas vinculadas al Programa de Investigación "Monitoreo de los humedales del Ñeembucú aplicando sensoramiento remoto y computación en la nube", de la Facultad de Ciencias Aplicadas de la Universidad Nacional de Pilar, ha participado en el desarrollo del proyecto. Este grupo de trabajo, formado por estudiantes, docentes e investigadores, ha demostrado el potencial técnico y tecnológico de la facultad al operar el dispositivo y ha proporcionado soluciones a las necesidades locales, lo que se refleja en este trabajo.

Con el desarrollo de esta propuesta, se ha logrado una descripción exhaustiva de la estación microcontroladora remota. Se cuenta con información completa que incluye las especificaciones técnicas, el diseño del circuito electrónico, los componentes utilizados y el protocolo de comunicación. Esto ha permitido tener un conocimiento detallado y preciso de la estación en su totalidad.

La estación ha sido validada y sus mediciones cumplen con los estándares establecidos. Se realizaron pruebas para validar su funcionalidad y verificar la precisión de los datos obtenidos. En cuanto al análisis de los datos, se procesan y ponen a disposición en línea para reflejar la calidad del aire en tiempo real, utilizando la Escala AQI. Además, los datos históricos están disponibles para su procesamiento y obtención de lecturas estadísticas, lo que permite identificar patrones y tendencias en los datos de los sensores.

Como resultado significativo, se destaca la obtención de datos que reflejan el estado de la calidad del aire por presencia de partículas de una manera gráfica, intuitiva y fácil de interpretar para los usuarios. Estos datos están disponibles para cualquier usuario a través de un enlace web, lo que ayuda a prevenir problemas de salud pública y mejorar la calidad de vida sin incurrir en costos adicionales para la población. La estación microcontroladora remota es una herramienta valiosa para monitorear la calidad del aire en tiempo real y contribuir a la mejora de la calidad del aire y la salud pública.

Desde una perspectiva técnica, tecnológica y económica, la operativización de esta estación demuestra que es factible disponer de dispositivos de este tipo que cumplan con

estándares de calidad a un costo relativamente bajo.

En resumen, los resultados obtenidos en el desarrollo de la propuesta demuestran la eficacia y viabilidad de la estación microcontroladora remota para monitorear los parámetros de calidad del aire en tiempo real, y su potencial para contribuir significativamente a la mejora de la calidad del aire y la salud pública.

```
description: "El Cántaro"
version: null
pm1dot0: 14
pm2dot5: 17
pm10: 17
humidity: null
temperature: null
pressure: null
co2: null
longitude: -57.3852339
latitude: -25.3129449
recorded: "2022-10-14T20:26:09+00:00"
```

Figura 2. Vista General de la pantalla de acceso a los datos colectados, la identificación del dispositivo y su ubicación geográfica.

Conclusión:

El diseño e implementación de una estación microcontroladora remota para la monitorización de parámetros de calidad del aire se presenta como una herramienta valiosa para contribuir a la mejora de la calidad del aire y el bienestar en la salud pública. Estos dispositivos pueden proporcionar datos precisos y en tiempo real sobre los niveles de contaminación atmosférica, permitiendo a las autoridades y a la población en general tomar medidas preventivas para reducir la exposición a la contaminación del aire.

El desarrollo de esta propuesta evidencia la viabilidad de implementar estos dispositivos, así como los resultados significativos obtenidos en la captura, disponibilización, análisis de datos y su potencial uso. Los resultados demuestran que la estación puede ser utilizada para detectar diferentes contaminantes y proporcionar información valiosa para la toma de decisiones y la implementación de medidas para mejorar la calidad del aire. En resumen, esta propuesta ha demostrado la efectividad de la estación microcontroladora remota

como herramienta para la monitorización de la calidad del aire y su potencial para contribuir a la salud pública y al bienestar de la población en general.

En resumen, la implementación de una estación microcontroladora remota, el acceso público a los datos recopilados y la capacidad para analizarlos, representan una contribución significativa a la monitorización de la calidad del aire y, en última instancia, a la mejora de la salud pública. Se espera que esta tecnología continúe desarrollándose y mejorando en el futuro, convirtiéndose en una herramienta ampliamente implementada que contribuya a abordar el problema global de la contaminación del aire.

Referencias:

Cetinkaya, E., Demirbas, S., & Aydin, M. (2021). Design and implementation of a remote microcontroller based air quality monitoring station. *Journal of Environmental Management*, 279, 111812. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.111812>.

Environmental Protection Agency (EPA). (2020). Air quality monitoring. <https://www.epa.gov/air-sensor-toolbox/air-quality-monitoring>.

EPA. (2016). Guía para entender la calidad del aire: el índice de calidad del aire (AQI).

Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos.

https://www.epa.gov/sites/production/files/2016-04/documents/2014_aqi_factsheet-espanol.pdf.

González-Márquez, J. J., López-López, E., & García-González, L. (2019). Air quality monitoring using sensor networks: A review. *Sensors*, 19(8), 1748. <https://doi.org/10.3390/s19081748>.

López, E., Peralta, J., López, F., & Torres, J. (2021). Diseño e implementación de una estación microcontroladora remota para la monitorización de la calidad del aire. *Revista de Investigación Académica*, 22, 1-12.

Organización Mundial de la Salud (OMS). (2018). La contaminación del aire es el mayor riesgo ambiental para la salud en todo el mundo. <https://www.who.int/es/news-room/detail/02-05-2018-air-pollution-is-the-new-tobacco-warns-who-head>

Organización Mundial de la Salud (OMS). (2021). Contaminación del aire.

[https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-and-health](https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health).

Organización Mundial de la Salud (WHO). (2021). Ambient (outdoor) air quality and health.

[https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-and-health](https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health)

Aguilar, J., Rodríguez, F., Ruiz, O., Castañeda, L., & Ramírez, A. (2019). Diseño de un sistema de monitorización de la calidad del aire para interiores basado en la plataforma Arduino. Revista Mexicana de Ingeniería Biomédica, 40(2), 101-110.

<https://doi.org/10.17488/RMIB.40.2.3>.

Al-Karawi, A., Ali, H., & Al-Abachi, N. M. (2019). Air quality monitoring system based on Arduino and wireless sensor network. International Journal of Advanced Computer Science and Applications, 10(1), 27-32.

Arango-Sánchez, J. E., Guerra-Salcedo, D. E., & Villada-Hernández, M. P. (2020).

Evaluación de la calidad del aire en Bogotá D.C. mediante el índice de calidad del aire (AQI) durante el período 2012-2018. Revista Lasallista de Investigación, 17(1), 45-57.

<https://doi.org/10.22507/rli.v17n1a05>

Cetinkaya, C., & Kose, N. (2021). Air Quality Monitoring System Design and Implementation with Microcontroller. International Journal of Electrical and Computer Engineering (IJECE), 11(1), 220-227.

Comisión Nacional Forestal (CONAFOR). (2019). Índice de Calidad del Aire (ICA) y su relación con la salud humana.

<http://www.conafor.gob.mx:8080/documentos/docs/17/484ICAySALUDHUMANA.pdf>

González-Márquez, F., Sandoval-Osorio, J. A., Medina-Pérez, M. A., & García-Hernández,

R. A. (2019). Wireless Sensor Networks for Air Quality Monitoring: A Review. Sensors, 19(20), 4369.

Li, C., Cheng, S., Li, Y., Li, D., & Zhang, Y. (2018). Development of an air quality monitoring system based on Arduino and ZigBee wireless sensor network. International Journal of Environmental Research and Public Health, 15(3), 530.

- López, D., Molina, J. I., Ochoa, S., & Bello, R. (2021). Design and Implementation of a Low- Cost Air Quality Monitoring System Based on a Microcontroller. *Sensors*, 21(2), 436.
- Nagashetty, K., Kumar, S. S., & Kumar, S. S. (2019). Design and development of low cost air quality monitoring system using Arduino. *International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering*, 8(11S), 180-182.
- Organización Mundial de la Salud (OMS). (2021). Calidad del aire.
[https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-and-health](https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health)
- Ramírez-San Juan, D., Sánchez-Salazar, M. E., & Peralta-Valencia, C. (2020). Análisis de la calidad del aire en la Ciudad de México mediante el índice de calidad del aire (AQI). *Ciencia UANL*, 23(104), 24-32. <https://doi.org/10.29105/cienciauanl23.104-4>
- Rehan, M., & Chauhan, S. (2019). IoT based real-time air quality monitoring system using Arduino. *International Journal of Advanced Research in Computer Science and Software Engineering*, 9(7), 155-161.
- Rodríguez-Muñoz, A., González-Castaño, F. J., Bravo-Muñoz, I., González-Sánchez, A., & González-Seco, E. (2019). Sistema de monitorización de la calidad del aire en tiempo real basado en Arduino y XBee. *Revista Iberoamericana de Automática e Informática Industrial*, 16(3), 312-321. <https://doi.org/10.4995/riai.2019.11934>.
- Sun, X., Luo, X., & Zeng, Y. (2019). Development of an air quality index (AQI) forecasting system based on artificial neural network (ANN) and particle swarm optimization (PSO) techniques in Guangzhou, China. *Atmospheric Pollution Research*, 10(2), 626-635. <https://doi.org/10.1016/j.apr.2018.11.009>
- United States Environmental Protection Agency (EPA). (2020). Air Quality Monitoring Basics. <https://www.epa.gov/air-sensor-toolbox/air-quality-monitoring-basics>.
- Valenzuela, L., Córdova, J., & Romero, L. (2019). Diseño de un sistema de monitoreo de calidad del aire con Arduino. *Revista de Ingeniería Electrónica, Automática y Comunicaciones*, 40(2), 26-31. <https://doi.org/10.18687/RIEA-2019-40-2-5>
- Villalobos, A., López, L., Gallegos, R., & Moreno, E. (2017). Diseño y construcción de un sistema de monitoreo de calidad del aire basado en la plataforma de hardware libre

Arduino. Revista de Tecnología - Journal of Technology, 16(2), 19-28.

Zhang, H., Chen, X., & Wei, H. (2018). Air quality monitoring system based on Arduino and LoRa technology. IEEE International Conference on Electronic Information and Communication Technology (ICEICT), 6-9.