

Sistema de monitoreo de gases de soldadura con sensor MQ-2 y ESP32 para la mejora de la seguridad en espacios de trabajo del IDIT

López Bonilla, Iker

2025

<https://hdl.handle.net/20.500.11777/6210>

<http://repositorio.iberopuebla.mx/licencia.pdf>

Sistema de monitoreo de gases de soldadura con sensor MQ-2 y ESP32 para la mejora de la seguridad en espacios de trabajo del IDIT

López Bonilla Iker (segundo semestre en Ingeniería Mecatrónica)¹, Calvillo Cerón Mario Alberto (segundo semestre en Ingeniería Mecatrónica)¹, Sánchez Lora Raúl Alejandro (segundo semestre en Ingeniería Mecatrónica)¹, Girón Nieto Huber (profesor responsable)¹
¹Universidad Iberoamericana Puebla, San Andrés Cholula, Puebla, México

Palabras clave: Detección de gases. Calidad del aire. Seguridad en la soldadura.

***Autor Corresponsal:** 201839@iberopuebla.mx

Introducción

El gas de estaño (SnO_2), que se libera en la operación de soldadura en la industria electrónica, tiene una implicación clara para la salud, ya que puede dar lugar a enfermedades respiratorias y deterioros pulmonares en largos períodos de exposición. A pesar de su uso generalizado en el contexto tecnológico, la vigilancia de su presencia no se ha estudiado en comparación con otros gases peligrosos. La vigilancia temprana de contaminantes en el aire es fundamental para la seguridad en el trabajo, y los sensores, por ejemplo, el MQ-2, pueden ser una alternativa interesante por su bajo coste, su polivalencia funcional y por su sensibilidad hacia algunos gases inflamables [1].

El sensor MQ-2 detecta la existencia de varios gases mediante variaciones de su resistencia eléctrica por el contacto con un determinado gas [2]. Este sensor se utiliza ampliamente, ya sea en el ámbito doméstico como en aplicaciones industriales para la detección de humo, metano, propano, etc. Sin embargo, su utilización para la detección de vapor de estaño todavía no está bien establecido, lo que justifica el desarrollo de trabajos de investigación en esta aplicación, sobre todo en todos aquellos lugares donde la exposición sea frecuente.

En la Universidad Iberoamericana Puebla, el Instituto de Diseño e Innovación Tecnológica (IDIT) tiene espacios en los que se trabaja con procesos de soldadura. Para ello, si bien hay medidas básicas de seguridad, como extractores de gases, no hay un sistema que controle la calidad del aire de manera automática. A esto se suma que la falta del sistema automático de alertas o el sistema adecuado de control pone en riesgo a los usuarios por la exposición involuntaria a gases peligrosos (gases tóxicos, vapores de estaño, etcétera).

Con el propósito de reforzar las normas de seguridad existentes, el desarrollo de un sistema de monitoreo pasivo a partir del sensor MQ-2 permitirá el control de la calidad del aire a tiempo real y la alerta del usuario en el necesario encendido de los sistemas extractores.

Metodología

Este proyecto se enfoca en la creación de un sistema de detección de gas utilizando el microcontrolador ESP32 y el sensor de gas MQ-2. El sistema permite detectar gases peligrosos como el gas de estaño y humo (CO_2), activando una alerta cuando las concentraciones superen un límite establecido.

Los componentes principales incluyen el ESP32 para el procesamiento y control, el sensor MQ-2 para la detección de gases, una fuente de alimentación de 9V y el entorno de desarrollo Arduino IDE para la programación. El sensor MQ-2 entrega una señal analógica proporcional a la concentración de gas, la cual es leída por el ESP32 a través de una entrada analógica (figura 2).

El ESP32 se programa para realizar tres funciones principales: inicializar el sensor, leer continuamente los datos analógicos para calcular la resistencia del sensor y compararla con un límite definido. Si el nivel de gas supera dicho límite, el sistema activa una alerta mediante un LED y un zumbador.

La calibración se lleva a cabo observando un nivel estable en las salidas del sensor en un ambiente sin exposición a los gases, comparándola con las variaciones que se producen al exponerlo a estos mismos, según su concentración y duración. Este proceso permite establecer un punto de referencia confiable para detectar desviaciones significativas en la calidad del aire. Así, se ajustan los valores máximos que determinan cuándo se debe activar una alerta, garantizando así una respuesta precisa del sistema ante situaciones de riesgo [3]. Una vez calibrado, el sistema está listo para su uso en condiciones reales (figura 1).

Nivel	Salida analógica	Descripción
Adecuado	3000 - 2700	Presencia mínima de gas o humo. Sin riesgos.
Moderado	2699 - 2600	Acumulación posible de gas o humo. Se recomienda monitoreo de la zona.
Muy alto	2599 o menos	Gran acumulación de gas o humo. Riesgo significativo. Es necesaria la ventilación inmediata.

Tabla 1. Salidas analógicas del sensor y sus significados

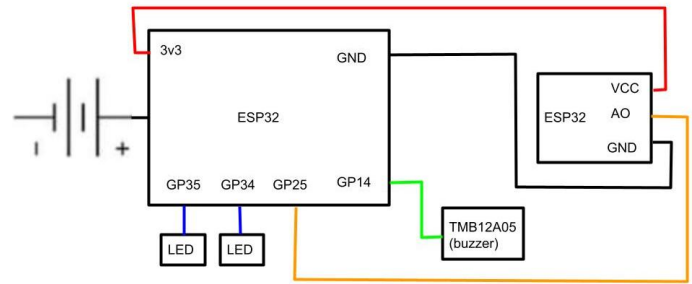


Fig. 1. Diagrama de conexiones del sensor

Resultados y Discusión

Con el objetivo de evaluar el desempeño del sensor MQ-2 en la detección de gas de estaño y humo, se llevó a cabo un conjunto de pruebas experimentales bajo condiciones controladas. Estas pruebas fueron diseñadas para asegurar la precisión y confiabilidad de los resultados obtenidos, mediante un enfoque sistemático dividido en dos etapas principales: el montaje del sistema de prueba y los ensayos de detección de gases.

En la primera etapa, se ensambló un sistema compuesto por un microcontrolador ESP32 y el sensor de gas MQ-2. Esta configuración permitió la adquisición y el procesamiento de datos en tiempo real [4]. El ESP32 fue programado para leer continuamente los valores entregados por el sensor y mostrarlos a través del monitor serial. Para garantizar un funcionamiento estable y una adecuada compatibilidad entre los componentes, se suministró un voltaje constante al circuito. En la segunda etapa, se procedió a realizar pruebas de detección dentro de un recinto cerrado. En este entorno controlado, se introdujeron gases inflamables como gas de estaño y humo para observar el comportamiento del sensor ante diferentes concentraciones y patrones de dispersión de gases. Se analizaron las variaciones en la respuesta del sensor, prestando especial atención a cómo influían la ubicación de la fuente del gas, la ventilación del entorno y el tiempo de exposición. Estas observaciones permitieron determinar la sensibilidad del sensor y su capacidad de reacción ante distintos escenarios de riesgo potencial (Anexo 1, figuras 3 y 4).

Los resultados obtenidos a partir de estas pruebas proporcionan información clave para validar la utilidad del sensor MQ-2 en aplicaciones de detección temprana de gases peligrosos. Asimismo, se sientan las bases para futuras mejoras en el diseño del sistema, como la incorporación de alertas visuales o sonoras, o la integración con redes inalámbricas para monitoreo remoto.

Conclusiones

Los resultados de esta investigación demuestran que el sensor de gas MQ-2, en conjunto con el microcontrolador ESP32, es capaz de detectar distintos tipos de gases, incluyendo gas de estaño y humo [7]. Además de validar la precisión del sensor, se evaluó su viabilidad como parte de un sistema automatizado de seguridad. Gracias a las capacidades de procesamiento del ESP32, es posible realizar lecturas en tiempo real y activar respuestas automáticas, como alarmas, ventilación o notificaciones, cuando se superan niveles peligrosos de gas [8].

La colocación del sensor resultó ser un factor clave para mejorar la detección. Ubicar el sensor cerca de las fuentes de gas permitió respuestas más rápidas, mientras que posicionarlo en zonas mal ventiladas generó lecturas imprecisas debido a la acumulación del gas.

Si bien los avances obtenidos son prometedores, aún existen limitaciones, como la sensibilidad a cambios ambientales. Por ello, se recomienda desarrollar algoritmos de compensación o incluso modelos de aprendizaje automático que mejoren la fiabilidad de las lecturas.

En conclusión, este estudio confirma que sensores económicos como el MQ-2, combinados con tecnologías de monitoreo inteligente, son herramientas valiosas para la seguridad y el monitoreo ambiental, siempre que se optimicen sus prestaciones.

Referencias

- [1] 1. Chen, J., Wang, L. (2018). Gas sensor technology: Principles and applications. *Journal of Sensor Science*, 12(3), 45-60.
- [2] Rodríguez, J. A., Martínez, C. (2017). Diseño y evaluación de sensores de gas basados en semiconductores de óxidos metálicos. *Revista de Ciencia y Tecnología*, 15(1), 55-73.
- [3] García, P., López, R. (2019). Sensores de gases inflamables y su impacto en la seguridad industrial. *Revista de Ingeniería Electrónica*, 25(2), 112-128.
- [4] S. Liu, "Wi-Fi Energy Detection Testbed (12MTC)," 2023, gitHub repository. [Online]. Available: <https://github.com/liustone99/Wi-Fi-Energy-Detection-Testbed-12MTC>
- [5] "Treatment episode data set: discharges (TEDS-D): concatenated, 2006 to 2009." U.S. Department of Health and Human Services, Substance Abuse and Mental Health Services Administration, Office of Applied Studies, August, 2013, DOI:10.3886/ICPSR30122.v2
- [6] K. Eves and J. Valasek, "Adaptive control for singularly perturbed systems examples," Code Ocean, Aug. 2023. [Online]. Available: <https://codeocean.com/capsule/4989235/tree>
- [7] E. G. Murillo, A. O. Ocaña and R. M. Rojas, "Development of an Autonomous Mobile Robot Mechatronic System at Scale for Industrial Logistics in Warehouses," 2023 IEEE International Conference on Engineering Veracruz (ICEV), Boca del Río, Veracruz, Mexico, 2023, pp. 1-6, doi: 10.1109/ICEV59168.2023.10329674.
- [8] K. J, R. A. Reddy, A. Aakash Reddy, C. R. Reddy, B. Pranay Varma and C. Yogendar, "Toxic Gas Monitoring Detector," 2024 2nd International Conference on Networking and Communications (ICNWC), Chennai, India, 2024, pp. 1-5, doi: 10.1109/ICNWC60771.2024.10537251. key-words: Temperature sensors;Wireless communication;Temperature measurement;Gases;Detectors;Data transfer;Real-time systems

Anexo

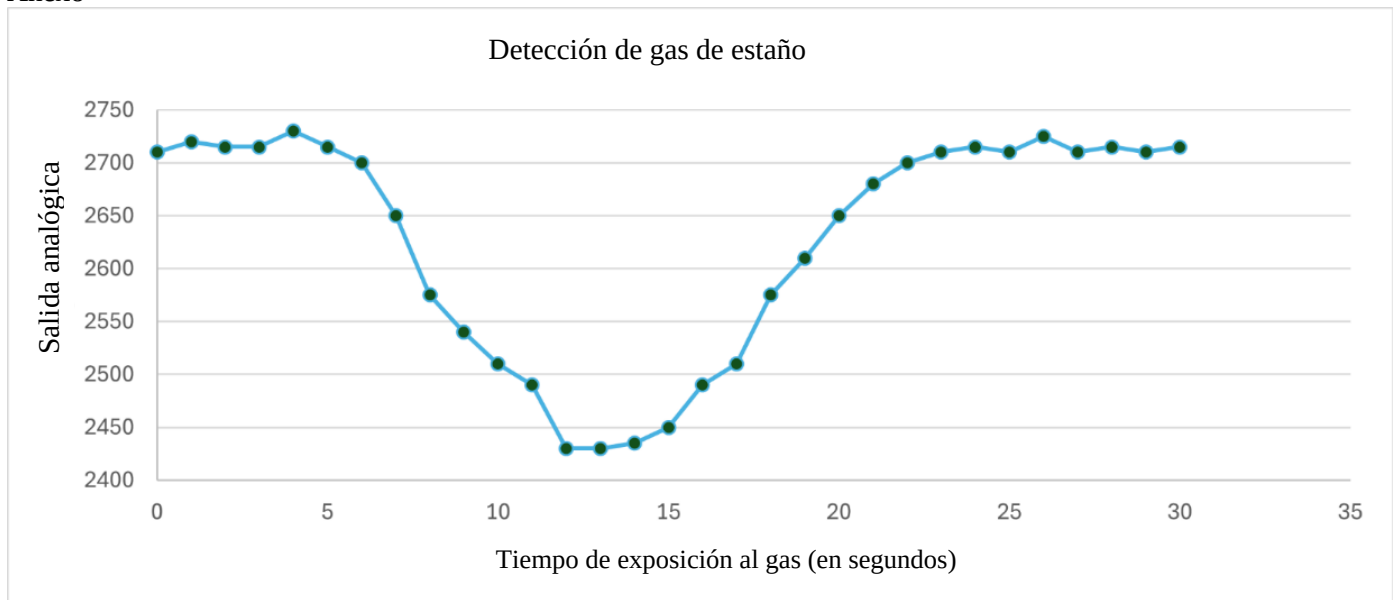


Fig. 2. Gráfica mostrando el gas de estaño detectado por el sensor MQ-2

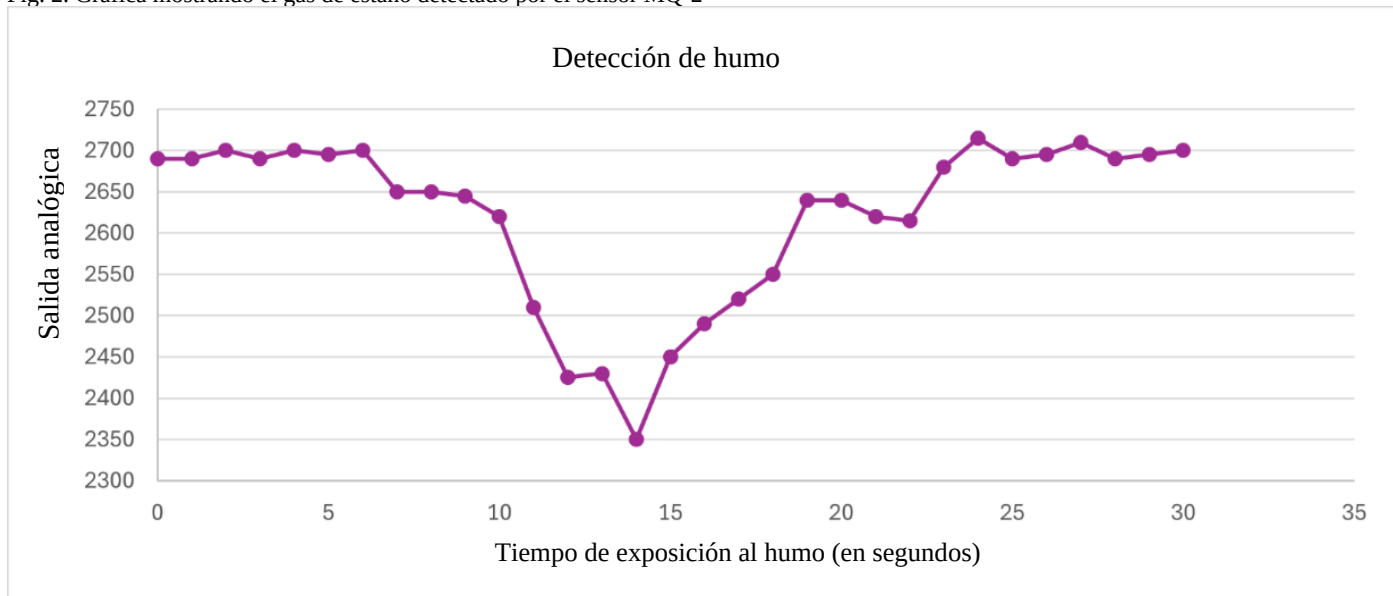


Fig. 3. Gráfica mostrando el humo detectado por el sensor MQ-2



Fig. 5. Sensor completo, en el área de trabajo con soldadura del IDIT