

Artículo:

Elaboración de un prototipo detector de Gas LP para uso comercial y residencial con sistema de monitoreo

Development of a prototype LP Gas detector for commercial and residential use with a monitoring system

Juan-Jesus Pérez-Arteaga¹, Juan-Carlos Ramírez-Vázquez¹, Elizabeth Pérez-Arteaga¹

Revista Interdisciplinaria de
Ingeniería Sustentable y Desarrollo
Social (RIISDS)

¹ Tecnológico Nacional de México – ITS de Pánuco, Veracruz, México.

* Autor correspondiente: juan.perez@itspanuco.edu.mx

Recibido: 31 de octubre de 2024
Aceptado: 26 de noviembre de 2024
Publicado: 20 de diciembre de 2024

Publicación anual editada por el
Instituto Tecnológico Superior de
Tantoyuca

Desv. Lindero Tametate, S/N
Col. La Morita
C.P. 92100
Tantoyuca, Veracruz, México.
Teléfono: 789 8931680, Ext.196.

Correo electrónico:
revistadigital@itsta.edu.mx

Sitio WEB
<https://itsta.edu.mx/revistadigital>

ISSN 2448-8003

Editor responsable:
Dr. Horacio Bautista Santos

Copyright: Este artículo es de acceso
abierto distribuido bajo los términos y
condiciones de la licencia Creative
Commons

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

Resumen: El objetivo fue implementar un dispositivo para uso en los hogares y comercios donde manejan Gas LP (Gas Licuado de Petróleo). El prototipo surge de los constantes incendios en hogares o locales derivado de fugas de gas a pesar de contar con un olor “indicador” y de fácil identificación por las personas mediante el olfato. La metodología utilizada es en forma de espiral y su objetivo es evaluar en 4 etapas la construcción del prototipo y una 5 etapa donde se evalúan errores antes de su entrega. El resultado muestra un detector de gas con diversas funciones (visual, audible y remota) que mide las concentraciones del gas LP en ppm (partes por millón).

Palabras clave: Dispositivo, gas LP, Prototipo, concentraciones, ppm.

Resumen

El objetivo actual del artículo es implementar un dispositivo para uso en los hogares y comercios donde manejan Gas LP (Gas Licuado de Petróleo). El prototipo surge de los constantes incendios en hogares o locales derivado de fugas de gas a pesar de contar con un olor “indicador” y de fácil identificación por las personas mediante el olfato. La metodología utilizada es en forma de espiral y su objetivo es evaluar en 4 etapas la construcción del prototipo y una 5 etapa donde se evalúan errores antes de su entrega. El resultado muestra un detector de gas con diversas funciones (visual, audible y remota) que mide las concentraciones del gas LP en ppm (partes por millón).

Palabras clave: Dispositivo, gas LP, Prototipo, concentraciones, ppm

Abstract

The current objective of the article is to implement a device for use in homes and businesses where LP Gas (Liquefied Petroleum Gas) is handled. The prototype arises from the constant fires in homes or premises derived from gas leaks despite having an “indicator” odor and easily identified by people by smell. The methodology used is spiral-shaped and its objective is to evaluate in 4 stages the construction of the prototype and a 5th stage where errors are evaluated before its delivery. The result shows a gas detector with several functions (visual, audible and remote) that measures LP gas concentrations in ppm (parts per million).

Translated with DeepL.com (free version)

Keywords: Device, LP gas, Prototype, concentrations, ppm

Introducción

El gas licuado de petróleo, conocido como gas LP o GLP (gas licuado petróleo), empezó a utilizarse en la industria y en los hogares a inicios del siglo XX. Este descubrimiento, originado a partir de hidrocarburos en 1900, sustituyendo el uso de leña para generar calor y cocinar (Morales Hernandez & Alcantara Garduño, 2022).

La petición de gas puro ha crecido de manera exponencial en la última década. Su uso promueve un cambio hacia fuentes de energía más limpias, favoreciendo un equilibrio en la generación de electricidad ante las incertidumbres de las energías renovables.

Gracias a su uso, en 2018 México se posicionó como el sexto país con mayor solicitud de gas LP a nivel mundial, detrás de China, Estados Unidos, India, Rusia y Japón, según la Energy Information Administration (EIA). Aunque México ocupa el tercer lugar en consumo total, en términos per cápita se ubica en el décimo lugar.

Según los antecedentes energéticos de la SENER sobre la demanda de gas LP por sectores en México, entre 2000 y 2019, el sector residencial incorporó un promedio del 62.7% de la demanda total. El comercio absorbió un 14.6% en promedio, el transporte un 11.8%, la manufactura un 9.4%, y finalmente, el sector agrario un 1.5% (LP, 2023).

Estados Unidos, China y Rusia principales consumidores mundiales de gas natural, acumularon un 42.2% de la totalidad de consumo. Estos números, extraídos de Statistical Review of World Energy 2023, proyectan una movilidad de oferta y demanda internacional de este tipo de energético (Energy, 2024).

El gas licuado de petróleo (GLP) es una fuente de energía que procede de la mezcla de dos hidrocarburos, principalmente butano y propano, junto con algunas impurezas. Se obtiene del proceso de refinamiento del petróleo crudo y de ciertos gases en diferentes pozos de producción. Su uso inicial se agrupa en el ámbito doméstico, donde se aprovecha para cocinar alimentos y calentar agua debido a su disposición de manejo.

Es una fuente de energía cambiante de gran capacidad calorífica, que tiene aplicaciones diversas y juega un papel fundamental en el espacio energético del país, siendo confiable para mejorar las circunstancias de vida en los hogares de la población (LP, 2023).

Este gas no tiene olor, pero las compañías de gas lo complementan con un “indicador” que huele a huevo podrido (mercaptano, un compuesto de azufre) para proporcionar su detección por el olfato. Sin embargo, en individuos con capacidad olfativa reducida, este indicador no es práctico por razones de seguridad. Un detector de gas podría ser un recurso

adecuado para identificar fugas en hogares, oficinas o empresas (Vega Luna , Lagos Acosta, Salgado Guzman, & Tapia Vargas, 2015).

A lo largo de los años, los consecutivos incendios en las viviendas han sido habituales debido a diversas condiciones, entre las cuales se encuentran las fugas de gas. Estas pueden ser causadas por un mal arreglo de la válvula en el tanque de gas, la fractura de la línea de suministro o quemadores en mal estado en la cocina, lo que puede resultar en averías irreparables (Hernandez Granda , Quishpe Rivera, & Calero Calero, 2023).

Las fugas de gas ocasionan asfixia, intoxicación por inhalación de monóxido de carbono (CO), incendios o explosiones, acorde a la cantidad de gas almacenado o manipulado. Su origen puede ser gas natural (una combinación de gases livianos extraídos de yacimientos) o gas GLP, que resulta del procesamiento del gas licuado de hidrocarburos (Milensky , 2022).

En México, a lo largo de los años, las intoxicaciones y envenenamientos crean aproximadamente 13,600 hospitalizaciones, y como consecuencia de estas intoxicaciones mueren 1,400 personas, de un cálculo el 87% son adultos y el 13% niños. Del total de casos, el 72% son accidentales y el 28% derivan de suicidios. Ante esta problemática, surge la necesidad de desarrollar un proyecto que incluya módulos electrónicos capaces de detectar fugas de gas, como butano (C_4H_{10}), propano (C_3H_8) o gas natural, mediante alarmas sonoras y visuales, además de vincular lecturas en un prototipo y en un smartphone de manera remota (Villegas Fonseca & Sanchez Marquez , 2018).

Se recalcan las características necesarias para registrar, monitorear y detectar posibles fugas. En general, las especificaciones y la distribución del prototipo, tanto en hardware como en software, rodean una programación establecida en un algoritmo específico y la interconexión de los módulos electrónicos acorde a un esquema, lo que resulta en la configuración del prototipo (Morocho Yuquilema, 2023).

Los detectores de gas pueden censar diversos gases peligrosos dentro de un procedimiento de monitoreo y alarmas repetitivas, pudiendo detectar incluso acumulaciones

mínimas. Estos gases son nocivos para la salud humana. Al identificar una fuga, el sistema previene incendios de manera anticipada, y su alarma alerta a las personas sobre la situación, facilitando una evacuación oportuna que puede salvar vidas y bienes materiales (Alarcon Martinez , 2018).

El objetivo general es implementar un dispositivo que permita una lectura, la detección de fugas y monitoreo de niveles de gas LP en ppm en tiempo actual en diversos escenarios, para garantizar la seguridad de las personas.

¿La detección oportuna de gas podría reducir los accidentes y fallecimientos debido a fugas, explosiones o intoxicaciones?

Materiales y métodos

Para la elaboración del prototipo se empleó la metodología de desarrollo en Espiral, acorde a los requisitos del proyecto, de acuerdo con (Pressman, 2010) este método en espiral (figura 1) consiste en 4 etapas: Análisis (definir las exigencias), Diseño (creación de diagramas para software candidato), Desarrollo (aplicar el lenguaje de programación en los planos) y Pruebas (cesión al beneficiario).

En el proyecto la palabra “Requerimientos” conocida como etapa de estudio es complementada con una etapa que refuerza las pruebas finales para la búsqueda de algún error y permita mejoras en el prototipo.

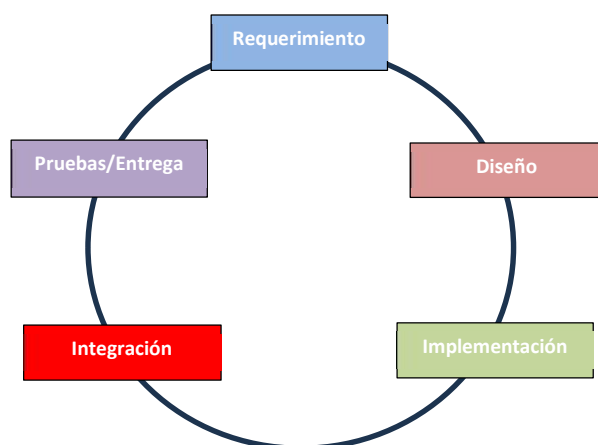


Figura 1.-Metodología en Espiral

Fuente: (Pressman, 2010)

Descripción de los componentes utilizados en el prototipo

En la creación del prototipo se recurre al sensor de gas MQ-9, y el uso del software Fritzing que permite interconectar los elementos mediante un esquema (figura 2), como fuente de voltaje se utiliza una power bank de 5 V. de salida en una terminal USB.

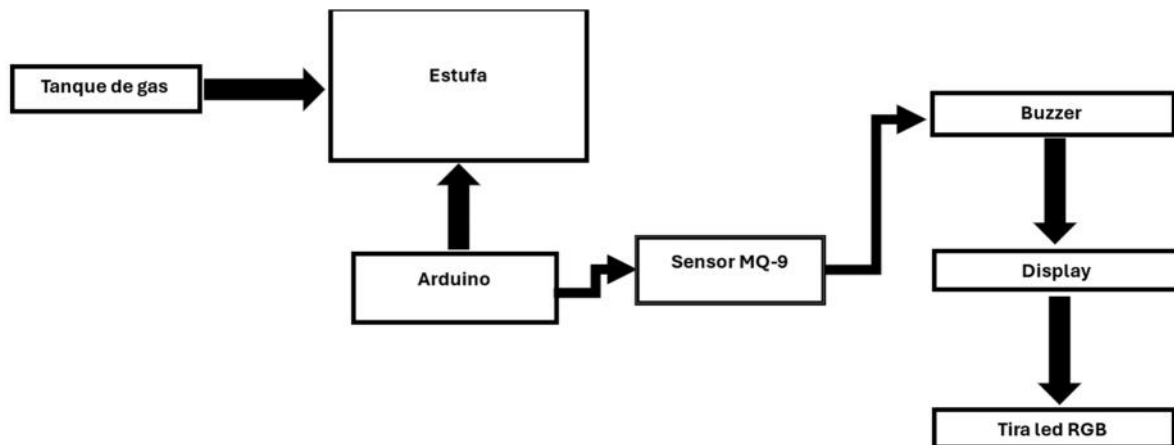


Figura 2.- Diseño del circuito con sus conexiones

El armado del prototipo es implementado en una parrilla de gas de 2 quemadores en el laboratorio de Ingeniería Electrónica, para realizar las pruebas piloto; se saturó el sensor con gas LP en ambiente controlado y se adaptó el sensor muy cerca de las parrillas de gas e interconectando los componentes en la parte interna con su respectivo cableado. Así también, se efectúa el desarrollo del programa de control en el IDE de Arduino para después ser cargado en la tarjeta de desarrollo Esp32 Wifi+bluetooth tipo C. Permitiendo evolucionar a las primeras pruebas con el sensor. (Figura 3).

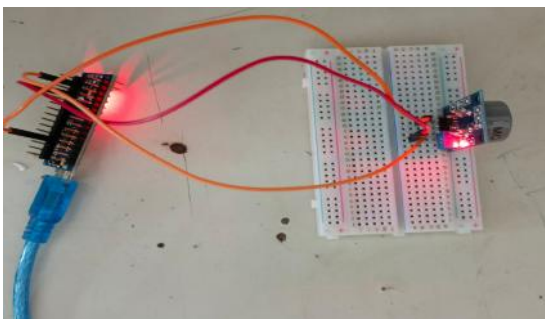


Figura 3. Calibración del sensor de gas MQ-9

```

3  # Antipalco Antipalco 10.15
4  Antipalco edita: Margarita Domínguez Ayala
5
6  # =====
7  # Antipalco.P 1
8  #
9  # Sección: #AntipalcoPrograma..._A_
10
11  # Sección: #AntipalcoComandos..._C_
12  # Sección: #AntipalcoComandos..._C_
13
14  # Sección: #AntipalcoComandos..._C_
15  # Sección: #AntipalcoComandos..._C_
16
17  # Sección: #AntipalcoComandos..._C_
18  # Sección: #AntipalcoComandos..._C_
19
20  # Sección: #AntipalcoComandos..._C_
21  # Sección: #AntipalcoComandos..._C_
22
23  # Sección: #AntipalcoComandos..._C_
24  # Sección: #AntipalcoComandos..._C_
25
26  # Sección: #AntipalcoComandos..._C_
27  # Sección: #AntipalcoComandos..._C_
28
29  # Sección: #AntipalcoComandos..._C_
30  # Sección: #AntipalcoComandos..._C_
31
32  # Sección: #AntipalcoComandos..._C_
33  # Sección: #AntipalcoComandos..._C_
34
35  # Sección: #AntipalcoComandos..._C_
36  # Sección: #AntipalcoComandos..._C_
37
38  # Sección: #AntipalcoComandos..._C_
39  # Sección: #AntipalcoComandos..._C_
40
41  # Sección: #AntipalcoComandos..._C_
42  # Sección: #AntipalcoComandos..._C_
43
44  # Sección: #AntipalcoComandos..._C_
45  # Sección: #AntipalcoComandos..._C_
46
47  # Sección: #AntipalcoComandos..._C_
48  # Sección: #AntipalcoComandos..._C_
49
50  # Sección: #AntipalcoComandos..._C_
51  # Sección: #AntipalcoComandos..._C_
52
53  # Sección: #AntipalcoComandos..._C_
54  # Sección: #AntipalcoComandos..._C_
55
56  # Sección: #AntipalcoComandos..._C_
57  # Sección: #AntipalcoComandos..._C_
58
59  # Sección: #AntipalcoComandos..._C_
60  # Sección: #AntipalcoComandos..._C_
61
62  # Sección: #AntipalcoComandos..._C_
63  # Sección: #AntipalcoComandos..._C_
64
65  # Sección: #AntipalcoComandos..._C_
66  # Sección: #AntipalcoComandos..._C_
67
68  # Sección: #AntipalcoComandos..._C_
69  # Sección: #AntipalcoComandos..._C_
70
71  # Sección: #AntipalcoComandos..._C_
72  # Sección: #AntipalcoComandos..._C_
73
74  # Sección: #AntipalcoComandos..._C_
75  # Sección: #AntipalcoComandos..._C_
76
77  # Sección: #AntipalcoComandos..._C_
78  # Sección: #AntipalcoComandos..._C_
79
80  # Sección: #AntipalcoComandos..._C_
81  # Sección: #AntipalcoComandos..._C_
82
83  # Sección: #AntipalcoComandos..._C_
84  # Sección: #AntipalcoComandos..._C_
85
86  # Sección: #AntipalcoComandos..._C_
87  # Sección: #AntipalcoComandos..._C_
88
89  # Sección: #AntipalcoComandos..._C_
90  # Sección: #AntipalcoComandos..._C_
91
92  # Sección: #AntipalcoComandos..._C_
93  # Sección: #AntipalcoComandos..._C_
94
95  # Sección: #AntipalcoComandos..._C_
96  # Sección: #AntipalcoComandos..._C_
97
98  # Sección: #AntipalcoComandos..._C_
99  # Sección: #AntipalcoComandos..._C_
100

```

Figura 4. Código implementado al Módulo Esp-32

El sensor es calibrado dentro del Programa Arduino (figura 4) para la detección de diversos niveles de concentración del gas LP para modo en prueba antes de ser ensamblado y adaptado en la parrilla de gas (figura 5).



Figura 5. Demostración previa del sensor

Los detectores MQ-9 son electroquímicos y pueden modificar su resistencia ante la exposición de gases inflamables, su rango de lectura comprende desde 500 ppm a 10000 ppm o 0-2000 ppm para Monóxido de Carbono. En su interior cuentan con un calentador que permite subir la temperatura internamente logrando con esto que el sensor interactúe con algunos gases generando un dato en su resistencia. Así mismo, su calentador interno depende del tipo de voltaje requerido en un intervalo de 5 y 2 voltios (Novatronic, 2020).

Idóneo para señalar fugas de gas, en ambientes básicos y dentro de la industria, mide el Gas licuado de Petróleo (GLP), monóxido de Carbono (CO), Metano (CH₄), este detector

es muy delicado y de accionamiento casi instantáneo. Su calibración se logra mediante un potenciómetro (Altronics, 2024).

El uso de la conectividad Wi-Fi y de Bluetooth hoy en día son ampliamente implementadas como enlace inalámbrico para una gran diversidad de teléfonos portátiles, equipos de cómputo y dispositivos particulares. Ambas requieren conexión de radiofrecuencia inalámbrica (Ibañez, 2015).

Para el monitoreo de las lecturas del prototipo, se usa una aplicación instalada en un Smartphone (figura 7) posteriormente se vincula la tarjeta de desarrollo Esp-32 wifi-Bluetooth (alimentada mediante una Power Bank o conectada a una fuente que proporcione 5Vcd) mediante puerto USB, (figura 8), en el monitor se observa la medición en ppm (figura 9) y la tira led muestra 3 etapas de lectura acorde al % de gas en ppm, el buzzer (alarma) emite un sonido al detectar gas LP, basado en datos de la tabla 1.



Figura7. Instalación de aplicación

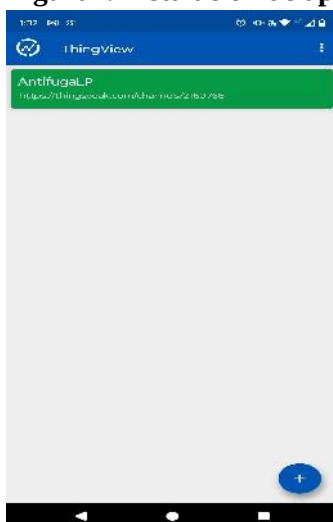


Figura 8. Registro del prototipo

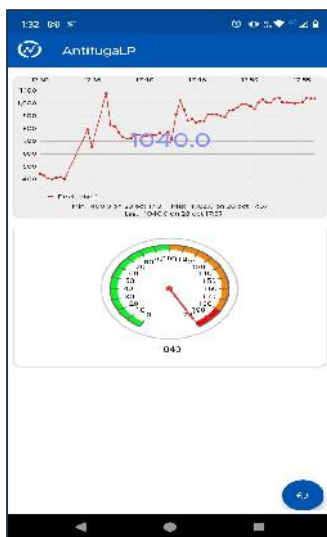


Figura 9. Medición del Gas LP en ppm

Tabla 1. Valores Limite de Exposición del Gas LP en México (NOM-010-STPS-2014)

Tipo de Valor Limite	Concentración (ppm)	Descripción
VLE-PPT (Valor Limite de Exposición Promedio Ponderado en el Tiempo)	1000 ppm	Promedio ponderado en el tiempo para una jornada laboral de 8 horas
VLE-CT (Valor Limite de Exposición a Corto Plazo)	1250 ppm	Límite de exposición a corto plazo para 15 minutos
IDLH (Inmediatamente Peligroso para La Vida o la Salud)	2000 ppm	Concentración inmediatamente peligrosa para la vida o salud

Fuente: (Carballo, 2021)

La NOM 011/1-SEDG-1999 establece que “las gaseras deben asegurarse que los recipientes portátiles (cilindros) estén en buenas condiciones antes de ser llenados e inutilizar los que presenten abolladuras o grietas”. Así mismo, la Norma oficial mexicana NOM-CCAM-001-ECOL/1993, establece que “los métodos de medición para determinar la concentración de monóxido de carbono en el aire ambiente y los procedimientos para la calibración de los equipos de medición”.

Los componentes se conectan mediante cableado jumper al sensor de Gas LP (figura 10), colocado externamente para la detección y lectura en ppm del gas, la tarjeta Esp32-32 Modulo Wifi+Bluetooth (figura 11) detecta el umbral de ppm del sensor emite una alarma sonora y una señal visual, la tira led configurada con 3 indicadores (baja, mediana y alta en ppm), incluyendo la manipulación remota mediante el smartphone. (figura 12).



Figura 10.- Sensor Gas Lp

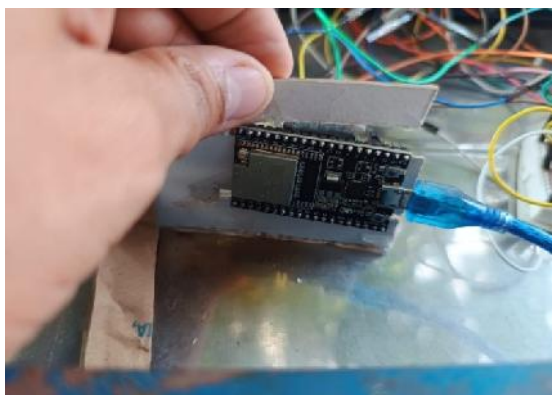


Figura 11.- Tarjeta ESP32 con conexión Wifi + Bluetooth



Para el desarrollo de pruebas del prototipo se requirió una parrilla para Gas LP con su respectiva conexión para tanque de gas, todo el cableado fue adaptado internamente en la parrilla, el sensor MQ-9 fue colocado muy cerca de los quemadores para la detección oportuna del gas (figura 13).



Figura 13.- Componentes del prototipo.

Pruebas

Se realizaron pruebas de comparación del prototipo [A)], desarrollado contra un equipo de marca reconocida y de venta comercial, como lo es el detector de gas LP Bitwo Modelo B2 [B)] (figura 14), permitiendo constatar que las mediciones tomadas con el dispositivo son idénticas al equipo comercial, en la tabla 2 están los resultados de las lecturas entre los 2 equipo.



Figura 14.-Equipo puesto en prueba para medición de Gas LP, A). Medición en Smartphone, B). Detector gas comercial.

Tabla 2.- Lecturas de equipos en una simulación de fuga de Gas

Instrumentos comparados	Medición Nivel Bajo	Medición Nivel Medio	Medición Nivel Alto
Medidor de Gas LP	418	771	1023
Medición LP BITWO B2 comercial	420	775	1028

Fuente: (Autores, 2024)

El proceso de calibración para el sensor MQ-9, de acuerdo al fabricante se puede desarrollar partiendo de usar una concentración de Gas LP de 500 ppm a 10000 ppm y un valor de resistencia de carga entre 10K Ω y 47K Ω (propuesta 20K Ω) (figura 15).

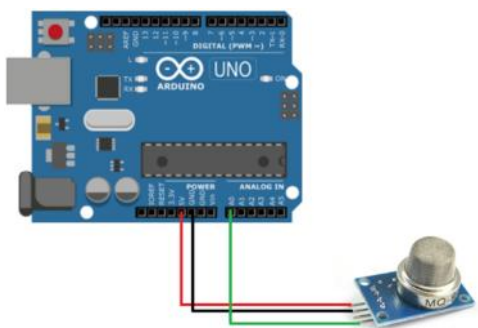


Figura 15.-Conexión de Sensor MQ-9

Así también, se recomienda realizar un proceso de “curado” del sensor antes de usarlo, el cual consiste en energizarlo durante 24 horas, para eliminar los residuos que pudieran haber

quedado del proceso de fabricación. Tomar en cuenta esta acción permitirá una lectura más precisa de los gases.

El margen de error de medición entre un equipo y el otro es de 5 % generando una alta confiabilidad en el uso de este prototipo para mediciones en campo (tabla 2).

Las mediciones para pruebas del prototipo fueron ejecutadas en un espacio abierto por la peligrosidad en el manejo del gas LP, con el uso de un tanque de 3 kg. conectado a la estufa y la apertura de la perilla para dejar escapar el gas para su detección, toma de lectura en display, encendido de alarma sonora, proyección visual con los leds y lectura en la aplicación del smartphone (figura 16).



Figura 16.- Medición de Gas LP mediante la simulación de una fuga de gas LP

Fuente: los Autores

Resultados y discusión

El resultado de la investigación condujo a un prototipo desarrollado y puesto a prueba. Como primordial acierto es el funcionamiento del dicho dispositivo, al evidenciar las mediciones del gas LP en ppm para diversas concentraciones, emitiendo una alarma visual

mediante LEDs, alarma auditiva con un buzzer, lectura en display y monitoreo a través de Smartphone.

Estas pruebas permiten corroborar la efectividad del prototipo siendo la detección de una fuga de gas LP su objetivo principal, alertando al usuario como una acción preventiva para actuar ante esta incidencia con el fin de evitar explosiones o accidentes fatales.

Este prototipo fue puesto a prueba con mediciones realizadas también con detectores de gas LP creados por la empresa Soluciones en Vanguardia GDL y la compañía Macurco, que ofrecen una solución a una fuga de gas LP (Correa Varas & Zavala Chacon, 2019). Un ejemplo de efectividad en estos dispositivos es el mostrado en la investigación de (Correa Varas & Zavala Chacon, 2019) en donde el sensor efectúa la medición de gas metano sin problema alguno. El análisis de muestras comentadas permite encontrar el porcentaje de diferencia en la medición, siendo este muy pequeño.

Conclusiones

Para elaborar este prototipo fue necesario analizar las Normas Oficiales Mexicanas en el apartado de tiempo de exposición y cantidad medible en ppm. El alcance de las funciones del prototipo permite ser útil por ejemplo para personas discapacitadas; por sus diversas formas de alerta. Su implementación en una estufa podría disminuir los accidentes y en las conexiones de gas pudiendo alertar al instante del inicio de una fuga de gas LP.

Bibliografía

- Alarcon Martinez , J. A. (2018). Diseño y Desarrollo de un Prototipo para la Deteccion de Fugas de Gas LP en Casa-Habitacion. Instituto Politecnico Nacional, Mexico. Obtenido de <https://es.scribd.com/document/670134993/TesinaC-pdf>
- Altronics. (2024). Altronics. Obtenido de <https://altronics.cl/sensor-gas-combustible-mq-9>
- Bautista-Santos, H., Martínez-Flores, J. L., Fernández-Lambert, G., Bernabé-Loranca, B., Sánchez-Galván, F., & Sablón-Cossío, N. (2015). Modelo de integración de cadenas de suministro colaborativas. Dyna, 145-154.
- Carballo, A. (12 de Febrero de 2021). Detection&Protection. Obtenido de Valores Limite de Exposición según NOM-010-STPS-2014: <https://ispi.com.mx/valores-limite-de-exposicion-segun-nom-010-stps-2014/>

- Correa Varas, J. S., & Zavala Chacon, I. G. (2019). Diseño e Implementacion de un Sistema de Deteccion y Monitoreo de Gas Metano en una Maqueta de Planta de Tratamiento de Aguas. Universidad Politecnica Salesiana, Guayaquil. Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/18651/4/UPS-GT002926.pdf>
- Energy, G. (25 de Abril de 2024). Energy, Global. Obtenido de <https://globalenergy.mx/noticias-especiales/infografias/principales-paises-consumidores-de-gas/>
- Hernandez Granda , K. D., Quishpe Rivera, L. F., & Calero Calero, A. S. (2023). Sistema de Seguridad Autonomo para la Deteccion de Fugas de Gas GLP en un Area Residencial. Quito: Universidad Politecnica Salesiana Ecuador. Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/24503/1/TTS1240.pdf>
- Ibañez, C. (2015). Prezi. Obtenido de <https://prezi.com/bq230-nsnhmp/cual-es-la-diferencia-entre-wi-fi-y-bluetooth/>
- LP, A. d. (18 de Septiembre de 2023). adg energy. Obtenido de <https://adg.energy/f/posicionamiento-de-m%C3%A9xico-en-el-mundo>
- Milensky , S. (07 de Julio de 2022). Fuego Fin S.A. Obtenido de <https://www.fuegofin.com/riesgo-de-incendio-por-fuga-de-gas-domestico-causas-y-prevencion/>
- Morales Hernandez, D. M., & Alcantara Garduño, M. E. (2022). Determinacion del area de afectacion generada por la explosion de una pipa cargada con gas LP en San Pedro, XalostocEdo. de Mexico. Tendencias en Docencia e Investigacion en Quimica(8), 157-165. Obtenido de <https://hdl.handle.net/11191/9544>
- Morocho Yuquilema, R. (2023). Implementación de un prototipo para el control, monitoreo y detección de fugas de gas doméstico mediante tecnología IoT. Riobamba : Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Obtenido de <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/21624>
- Novatronic. (2020). Novatronic. Obtenido de <https://novatronic.ec.com/index.php/product/sensor-mq9/>
- Pressman, R. S. (2010). Ingenieria de Software. Mexico: Mc Graw Hill. Obtenido de <https://www.javier8a.com/itc/bd1/Id-Ingenieria.de.software.enfoque.practico.7ed.Pressman.PDF>
- Vega Luna , J., Lagos Acosta, M., Salgado Guzman, G., & Tapia Vargas, V. N. (2015). Monitor de Alerta de Fuga de Gas. Pistas Educativas, 36(112), 1951-1964.

Obtenido de

<https://pistaseducativas.celaya.tecnm.mx/index.php/pistas/article/view/470/457>

Villegas Fonseca , L. Y., & Sanchez Marquez , J. A. (2018). FUGAX, Sensor Medidor de Fugas de Gas de Uso Domestico. Jovenes en la Ciencia, 4(1), 3063-3066. Obtenido de

<https://www.jovenesenlaciencia.ugto.mx/index.php/jovenesenlaciencia/article/view/2790/2046>