

Estudio preliminar de prototipo de monitoreo y control de llenado automático de sistema de almacenamiento de agua para unidades habitacionales con el empleo de Internet de las Cosas

Preliminary Study of a Prototype for Automatic Filling Monitoring and Control of Water Storage Systems in Residential Units Using Internet of Things

Dorle Jasive Miroslava Orduña López ^a José Alejandro Mondragón Arvi ^b Ernesto Bolaños Rodríguez ^c Alonso Ernesto Solís Galindo ^d Gaby Yolanda Vega Cano ^e

Abstract:

This article presents a preliminary study aimed at developing a prototype for an automatic monitoring and control system for water storage filling in residential units, leveraging Internet of Things (IoT) technology. The proposed system integrates ultrasonic sensors, solenoid valves, an ESP8266 microcontroller, and a mobile application built on the Blynk IoT platform. Pilot tests were conducted to verify the system's functionality, response time, and accuracy in measuring water levels. Results show that the prototype is functional, user friendly and potentially useful for future large scale deployment.

Keywords:

IoT, Framework, Remote monitoring, System, Sensors.

Resumen:

El presente artículo expone un estudio preliminar orientado al desarrollo de un prototipo de monitoreo y control automático del llenado de un sistema de almacenamiento de agua (cisterna y tinacos) en unidades habitacionales, empleando tecnología basada en el Internet de las Cosas (IoT). El sistema integra sensores ultrasónicos, electroválvulas, un microcontrolador ESP8266 y una aplicación móvil desarrollada sobre la plataforma Blynk IoT. Las pruebas piloto permitieron verificar la funcionalidad del sistema, así como su capacidad de respuesta y precisión en la medición de niveles de agua. Los resultados indican que el prototipo es funcional, intuitivo y potencialmente útil para una futura implementación a mayor escala.

Palabras Clave:

IoT, Framework, Monitoreo remoto, Sistema, Sensores.

Introducción

El acceso al agua potable es un derecho humano fundamental; sin embargo, su disponibilidad es limitada en muchas partes del mundo. Por tanto, la implementación de sistemas eficientes para su almacenamiento y

distribución es crucial para garantizar su uso responsable [1].

En este contexto, la tecnología IoT ha surgido como una solución innovadora y eficaz para monitorear y controlar el suministro de agua en unidades habitacionales, especialmente en cisternas y tinacos [2], [3]. Estos sistemas permiten a los usuarios un mayor control sobre

^{a,b,c,d,e} Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo | Escuela Superior de Tizayuca | Tizayuca, Hidalgo | México,
<https://orcid.org/0009-0009-9597-5487>, Email: or419852@uaeh.edu.mx; <https://orcid.org/0000-0002-7690-0027>, Email:
jose_mondragon@uaeh.edu.mx; <https://orcid.org/0000-0002-1432-7720>, Email: ebolanos@uaeh.edu.mx;
<https://orcid.org/0000-0002-3999-006X>, Email: soliser@uaeh.edu.mx; <https://orcid.org/0000-0003-1440-1617>, Email:
gaby@uaeh.edu.mx

el uso del agua, previniendo desperdicios y sobrecargas en las estructuras de almacenamiento. [4].

Este estudio preliminar presenta el desarrollo de un prototipo que integra sensores de nivel de agua, electroválvulas y una aplicación móvil para el monitoreo remoto. Se propone que el sistema sea accesible mediante conexión Wi-Fi desde cualquier dispositivo, otorgando comodidad y control al usuario [5].

La propuesta resulta pertinente para afrontar los retos actuales en la gestión del agua y es escalable a contextos con problemáticas similares [6], [7].

Antecedentes

La investigación previa en este campo ha mostrado avances en la automatización del suministro de agua, destacando el uso de sensores de nivel que proveen datos en tiempo real [8], [9]. No obstante, los sistemas convencionales basados en flotadores mecánicos presentan limitaciones significativas en precisión y accesibilidad [10].

El prototipo desarrollado en este estudio preliminar busca superar estas limitaciones, ofreciendo control preciso y visualización de niveles tanto en porcentaje como en litros, promoviendo una mayor conciencia del consumo [11]-[12]. Así, se contribuye a una gestión más eficiente y responsable del recurso [13]-[15].

Propuesta

El estudio preliminar se basa en un prototipo con tecnología IoT y consta de:

1. Sensores ultrasónicos HC-SR04:

- Estos sensores funcionan emitiendo un pulso ultrasónico y midiendo el tiempo que tarda en reflejarse desde la superficie del agua. Esta información se utiliza para calcular el nivel de agua con precisión. Los sensores se colocarán en las cisternas y tinacos para detectar el nivel de agua en tiempo real.

2. Electroválvulas de 12V:

- Regulan el flujo de agua abriendo o cerrando el paso según las señales del controlador.

3. Módulo ESP8266:

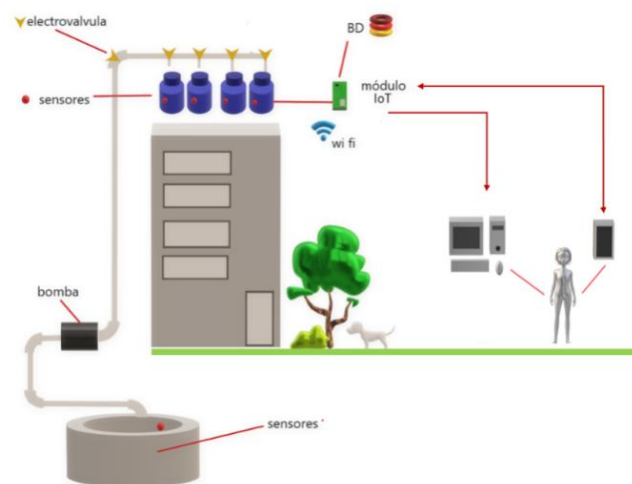
- Procesa las lecturas de los sensores, acciona las electroválvulas y envía los datos a la nube mediante Wi-Fi.

4. Plataforma y aplicación Blynk IoT:

- Facilita la visualización de niveles, el control remoto del sistema y el envío de notificaciones al usuario.

Este sistema se ilustra en la Figura 1, donde se presenta un diagrama detallado de la disposición y funcionamiento de los componentes.

La implementación de esta solución tiene el potencial de mejorar significativamente la gestión del agua en unidades habitacionales, proporcionando una herramienta eficiente, segura y conveniente para los usuarios.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 1. Propuesta de prototipo. Se definirán los elementos de la interfaz, el flujo de navegación y la disposición de la información.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 2. Se muestra el prototipo final en uso, aplicación y página web

Resultados

Durante las pruebas realizadas, se verificó la funcionalidad del prototipo para simular ciclos de llenado y regular los niveles de agua de manera eficiente. Como se muestra en la Figura 2, el prototipo incluye una aplicación y una página web, las cuales fueron evaluadas para confirmar su correcto funcionamiento.

Precisión de la medición: Se compararon las lecturas de los sensores con mediciones manuales en 11 niveles diferentes que van del 0 al 100. El margen de error promedio fue de 1.9 %, inferior al 10 % establecido como aceptable para la aplicación residencial. Para determinar la precisión de los sensores ultrasónicos HC-SR04 utilizados en el prototipo, se realizaron cinco pruebas comparativas entre las lecturas automáticas del sensor y mediciones manuales realizadas con cinta métrica. Se calcularon los errores porcentuales individuales para cada nivel, así como el margen de error promedio. La fórmula utilizada fue [8]:

$$\text{Error porcentual} = \left| \frac{\text{Valor sensor} - \text{Valor real}}{\text{Valor real}} \right| \times 100$$

Donde:

Valor sensor: es la lectura proporcionada por el sensor HC-SR04.

Valor real: es la medición manual obtenida con instrumentos de medición (regla métrica o cinta métrica).

Ejemplo de cálculo (uno de los once niveles).

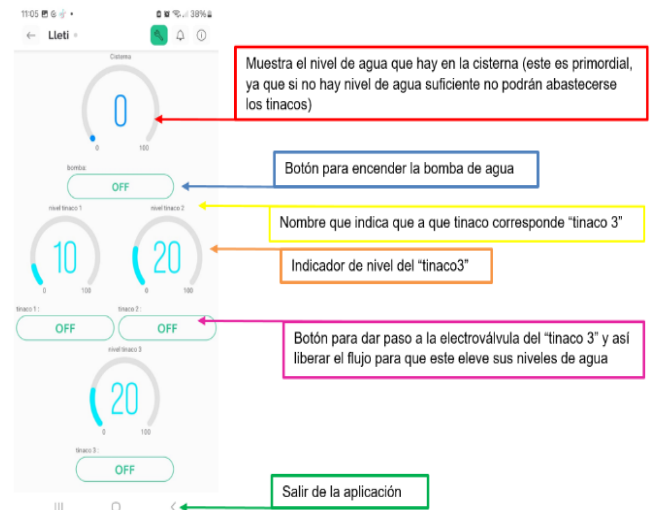
Valor real: 90 cm

Valor sensor: 88 cm

$$\text{Error porcentual} = \left| \frac{88 - 90}{90} \right| \times 100 = \left| \frac{-2}{90} \right| \times 100 = 2.22\%$$

Este procedimiento se repitió para once diferentes niveles de agua. Los errores porcentuales individuales obtenidos fueron los siguientes:

Nivel de Prueba	Lectura del Sensor (cm)	Medición Real (cm)	Error Porcentual (%)
1	95	100	5
2	88	90	2.2
3	78	80	2.5
4	68	70	2.8
5	59	60	1.6
6	49	50	2
7	39	40	2.5
8	29	30	3.3
9	20	20	0
10	10	10	0
11	0	0	0



Fuente: Elaboración propia.

Figura 3. Aplicación en ejecución, mostrando el estado de la cisterna y los tres tinacos.

Capacidad de respuesta del sistema: El ESP8266 respondió de manera instantánea a los comandos enviados desde la aplicación, accionando las electroválvulas sin retardos perceptibles.

Evaluación de usuarios

Se aplicó una encuesta a 100 residentes:

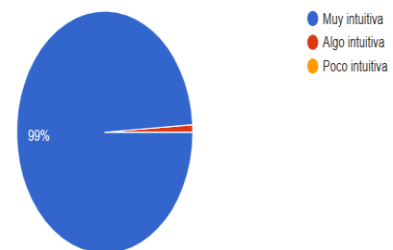
99 % calificó la interfaz como muy intuitiva (Figura 4).

La representación en porcentaje fue mejor comprendida que en mililitros (Figura 6).

Todos recomendarían la aplicación (Figura 10).

1.- ¿Qué tan intuitiva y fácil de usar te pareció la interfaz de la aplicación?

100 respuestas

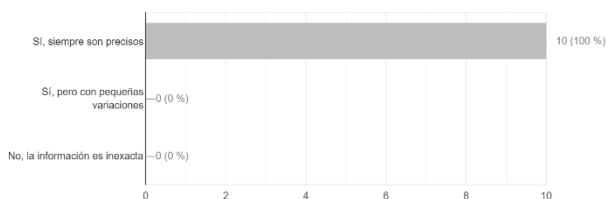


Fuente: Elaboración propia.

Figura 4. Resultados de la pregunta 1 sobre el diseño de la aplicación.

2.- ¿La aplicación muestra correctamente los niveles de agua en los tinacos y cisternas?

0 de 10 respuestas correctas

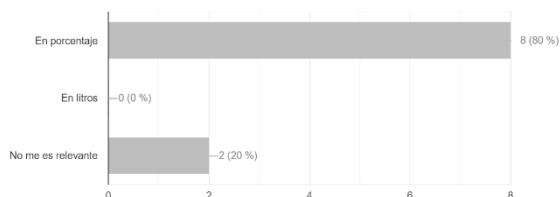


Fuente: Elaboración propia.

Figura 5. Resultados de la pregunta 2 sobre la visualización correcta de los datos en pantalla mediante la aplicación.

3.- ¿Prefieres visualizar el nivel de agua en porcentaje o en litros?

0 de 10 respuestas correctas

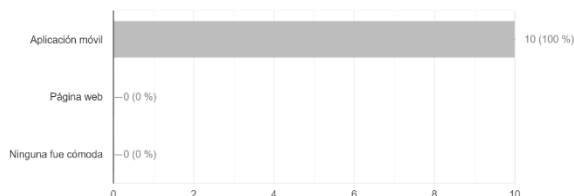


Fuente: Elaboración propia.

Figura 6. Resultados de la pregunta 3, relacionada con la fiabilidad de mostrar los niveles de agua.

4.- ¿En qué plataforma te resultó más cómodo visualizar los datos de los tinacos?

0 de 10 respuestas correctas

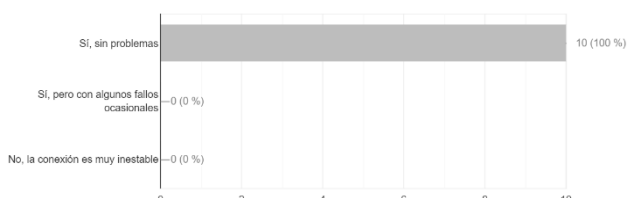


Fuente: Elaboración propia.

Figura 7. Resultados de la pregunta 4 sobre la facilidad de visualización de la aplicación en distintos dispositivos.

5.- ¿La aplicación se conectó correctamente con los sensores o dispositivos de medición?

0 de 10 respuestas correctas

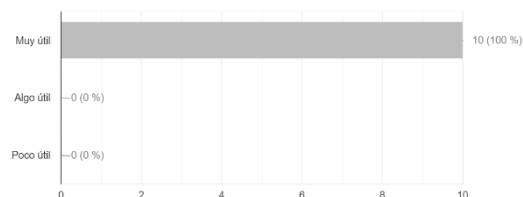


Fuente: Elaboración propia.

Figura 8. Resultados de la pregunta 5 para corroborar el funcionamiento adecuado de los sensores.

6.- ¿Qué tan útil consideras que es la aplicación en tu vida diaria?

0 de 10 respuestas correctas

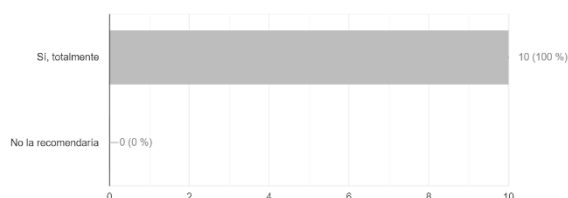


Fuente: Elaboración propia.

Figura 9. Resultados de la pregunta 6, indicando que la aplicación es funcional para la vida cotidiana.

7.- ¿Recomendarías esta aplicación a otras personas?

0 de 10 respuestas correctas



Fuente: Elaboración propia.

Figura 10. Resultados de la pregunta 7 sobre la recomendación de la aplicación.

Es válido resaltar que la investigación que se presenta es un estudio preliminar con 100 encuestados, tomados de forma aleatoria entre los pobladores de unidades habitacionales donde se pretende aplicar este trabajo.

Conclusiones

El presente estudio preliminar ha permitido validar la viabilidad técnica de un prototipo de monitoreo y control automatizado del sistema de almacenamiento de agua, diseñado específicamente para unidades habitacionales y apoyado en tecnologías de Internet de las Cosas (IoT). Aunque el sistema aún no ha sido implementado en condiciones reales, las pruebas realizadas en laboratorio y entornos controlados han demostrado su funcionalidad básica, su capacidad de automatización del llenado de cisternas y su potencial para optimizar la gestión del recurso hídrico en contextos residenciales. Este prototipo representa un avance inicial hacia soluciones más complejas e integradas, lo cual exige continuar con el desarrollo técnico, la validación en campo y la incorporación de nuevos componentes. Asimismo, será fundamental abordar aspectos como la seguridad de los datos, la interoperabilidad con sistemas domésticos inteligentes y la sostenibilidad del sistema a largo plazo.

En suma, los resultados obtenidos brindan una base sólida para futuras investigaciones, permitiendo proyectar mejoras significativas en el uso eficiente del agua, mediante soluciones accesibles y escalables orientadas a entornos habitacionales urbanos.

Trabajos a Futuro

Con base en los resultados del estudio preliminar, se proponen diversas líneas de trabajo orientadas al fortalecimiento y validación del prototipo:

Aplicación de encuestas a usuarios potenciales: Diseñar y aplicar instrumentos de recolección de datos (como encuestas) a una muestra representativa de habitantes de unidades habitacionales, a fin de identificar necesidades reales, validar la aceptación del sistema y obtener retroalimentación para su mejora.

Optimización del sistema de monitoreo y control: Desarrollar algoritmos más precisos y adaptativos que mejoren la lectura de los niveles de agua y optimicen el comportamiento de las electroválvulas, permitiendo un control más eficiente y automatizado del llenado de cisternas.

Incorporación de sensores adicionales: Integrar sensores complementarios, como los de presión o calidad del agua, para obtener diagnósticos más completos y detectar posibles fallos o condiciones anómalas en el sistema de almacenamiento.

Implementación de alertas y notificaciones inteligentes: Diseñar un sistema de alertas para situaciones críticas, como fugas, niveles bajos o sobrellenado, que pueda comunicarse con los usuarios a través de notificaciones en la aplicación móvil, mensajes de texto o correos electrónicos.

Integración con plataformas de gestión inteligente del hogar: Explorar la compatibilidad e integración del sistema con otros dispositivos IoT del hogar (climatización, seguridad, iluminación), con el fin de ofrecer soluciones habitacionales más eficientes y sostenibles.

Evaluación del impacto ambiental y económico: Realizar estudios que cuantifiquen el ahorro potencial de agua, los beneficios económicos derivados de la automatización del sistema y la reducción de la huella ambiental asociada al consumo hídrico.

Referencias

[1] Smith, A., Johnson, B., & Williams, C. (2019). Advanced algorithms for water level measurement in

IoT-based smart water management systems. *IEEE Access*, 7, 158074-158085.

[2] Wang, L., & Li, Z. (2017). Optimization design of water supply system based on IoT technology. In *Proceedings of the International Conference on Advances in Energy, Environment and Chemical Engineering*, 231-235.

[3] Garcia, J., & Patel, R. (2018). Integration of water quality sensors in IoT-based smart water management systems. *Journal of Sensors and Actuator Networks*, 7(3), 30.

[4] Zhang, Y., Chen, S., & Li, W. (2020). Pressure sensing technology for water supply systems in smart cities. *Journal of Advanced Engineering and Technology*, 13(1), 95-103.

[5] Kim, S., Lee, J., & Park, K. (2019). Development of a real-time water leakage detection and notification system using IoT technology. *Sustainability*, 11(5), 1277.

[6] Sharma, S., & Bhatia, S. (2017). IoT-based smart water management system for efficient utilization of water resources. *International Journal of Scientific Research in Computer Science, Engineering and Information Technology*, 2(3), 78-82.

[7] Jain, R., Mittal, R., & Gupta, A. (2019). Integration of smart water management system with home automation for enhanced efficiency. *International Journal of Engineering Research & Technology*, 8(3), 35-42.

[8] Rahman, M., Hasan, M., & Uddin, M. (2020). Accuracy analysis of ultrasonic sensors for distance measurement in water level monitoring. *International Journal of Scientific & Engineering Research*, 11(4), 1251-1256.

[9] Mahmoud, M. S., & Arafat, H. A. (2018). Water level monitoring and management in smart cities using IoT. *Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing*, 9(6), 1889-1901.

[10] Yadav, P., & Jain, S. (2016). Limitations of float-based water level indicators and the development of smart water level monitoring systems. *International Journal of Engineering and Technical Research*, 5(3), 47-55.

[11] Kumar, A., & Singh, R. (2020). Design and implementation of smart water tank monitoring and control system. *International Journal of Engineering Research & Technology*, 9(7), 860-864.

[12] Chatterjee, S., & Roy, R. (2019). IoT-based real-time water level monitoring system for smart city applications. In *Proceedings of the 4th International Conference on Internet of Things and Connected Technologies*, 155-159.

[14] Narayan, P., & Mehta, D. (2021). Intelligent water management systems for urban sustainability: A

- review. *Sustainable Cities and Society*, 68, 102772.
- [15] Ali, S., & Rizwan, M. (2019). Water consumption awareness through mobile-based IoT water level detection system. *International Journal of Computer Applications*, 178(30), 25–29.
- [16] Mukherjee, A., & Goswami, S. (2022). Smart water resource management using low-cost IoT solutions: Case study and implementation. *IEEE Internet of Things Journal*, 9(12), 9450–9458.