VISIÓN ELECTRÓNICA

Preparación de Artículos revista VISIÓN ELECTRÓNICA: algo más que un estado sólido
Fecha de envío:
Fecha de recepción:
Fecha de aceptación:

SISTEMA IOT PARA MONITOREO EN TIEMPO REAL DEL CONSUMO DE AGUA

IOT SYSTEM FOR REAL-TIME WATER MONITORING

Brayan Romero[1]. Jeisson Herrera.

Resumen*:* Se diseñó e implementó un sistema de monitoreo del consumo de agua para un apartamento habitado por tres personas. La solución utiliza una placa ESP32 y tecnología de Internet de las Cosas (IoT) para realizar un monitoreo en tiempo real del uso del agua. Complementariamente, se desarrolló una aplicación móvil que permite a los usuarios acceder de manera intuitiva a la información, visualizar su consumo y recibir alertas diseñadas para promover el uso responsable del recurso.

El sistema demostró un funcionamiento robusto y estable, operando sin fallos durante el periodo de prueba. Los usuarios reportaron una mayor conciencia sobre su consumo diario, lo que permitió identificar y corregir patrones de uso ineficientes.

La relevancia de estos resultados radica en su impacto potencial sobre la sostenibilidad hídrica en contextos domésticos y urbanos. Este enfoque innovador permite no solo un seguimiento detallado del consumo, sino también la implementación de estrategias proactivas para reducir el desperdicio de agua. Su diseño escalable lo posiciona como una herramienta versátil para aplicaciones a mayor escala, tales como comunidades o

[1] [1] Estudiante de Electrónica, Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Colombia: jeisonalfa@hotmail.com / jhherrerac@udistrital.edu.co
[2] Estudiante de Electrónica, Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Colombia: cdrbrayan@gmail.com / bdromeroa@udistrital.edu.co

edificios residenciales. Así, esta solución tecnológica podría ser clave para enfrentar los desafíos globales relacionados con la gestión eficiente de los recursos hídricos y la conservación ambiental.

Palabras clave: Monitoreo de agua, IoT, sostenibilidad hídrica, gestión de recursos.

Abstract: A water consumption monitoring system was designed and implemented for an apartment inhabited by three people. The solution utilizes an ESP32 board and Internet of Things (IoT) technology to enable real-time monitoring of water usage. Additionally, a mobile application was developed to provide users with intuitive access to collected data, visualize consumption trends, and receive alerts designed to encourage responsible water usage.

The system demonstrated robust and stable performance, operating without failures during the testing period. Users reported increased awareness of their daily water consumption, allowing them to identify and correct inefficient usage patterns.

The significance of these results lies in their potential impact on water sustainability in both domestic and urban settings. This innovative approach not only enables detailed consumption tracking but also facilitates proactive strategies to reduce water waste. Its scalable design positions it as a versatile tool for broader applications, such as communities or residential buildings. Consequently, this technological solution could play a key role in addressing global challenges related to efficient resource management and environmental conservation.

Key Words: Water monitoring, IoT, water sustainability, resource management.

Fecha de envío:
Fecha de recepción:
Fecha de aceptación:

1. Introducción

El racionamiento de agua en las distintas localidades de Bogotá es una medida implementada para mitigar el consumo excesivo de este recurso vital [1]. Sin embargo, estas estrategias evidencian la necesidad de promover una mayor conciencia sobre el uso responsable del agua, especialmente en entornos residenciales donde su consumo puede ser significativo y muchas veces desperdiciado [2]. En un apartamento típico de Bogotá, el consumo promedio mensual de agua es de 10,73 m^3, lo que equivale a 76,32 litros diarios por habitante. Gran parte de este consumo proviene de los estratos socioeconómicos más altos, donde el uso de agua en baños y duchas representa un 60% del consumo total. [3] Las duchas, con una duración promedio de 8 minutos y un consumo de 14 litros por minuto, y los inodoros convencionales, que consumen hasta 9 litros por descarga, son los principales contribuyentes al desperdicio de agua en estas propiedades. [4].

A medida que la población crece y la demanda de agua aumenta, resulta crucial adoptar herramientas que permitan comprender y optimizar su uso de manera eficiente. En este contexto, el propósito de este trabajo es desarrollar un sistema de monitoreo en tiempo real que permita a los usuarios identificar su consumo de agua en diferentes áreas de su hogar. Este enfoque busca no solo proporcionar datos precisos sobre los hábitos de consumo, sino también fomentar prácticas más sostenibles a través de la concienciación y el acceso a información relevante.

Esta problemática ha generado interés a nivel internacional. Ejemplos destacados incluyen el sistema de medición inteligente para hogares desarrollado por estudiantes de la Universidad

Javeriana de Bogotá. [5] y el sistema de vigilancia acuática de la Universidad Politécnica de Valencia, que monitorea la calidad del agua en ecosistemas naturales. [6]. Asimismo, iniciativas en México, como el sistema de monitoreo inalámbrico creado por universidades de Colima y del Estado de Hidalgo, evidencian cómo la tecnología puede transformar la gestión del agua [7]. Estas propuestas refuerzan la relevancia de explorar soluciones innovadoras para la sostenibilidad hídrica.

La implementación del sistema se basó en el uso del sensor de flujo YFS201, una herramienta para medir el caudal de agua gracias a su precisión utilizando un rotor interno que gira proporcionalmente al flujo de agua. Este sensor genera pulsos eléctricos que pueden ser interpretados para calcular la velocidad de flujo en litros por minuto [8]. El microcontrolador ESP32, conocido por su capacidad de conectividad WiFi y procesamiento eficiente, fue utilizada para capturar datos de los sensores y transmitirlos de manera continua [9]. Estos datos fueron almacenados y gestionados en una base de datos alojada en Azure, una solución escalable y confiable para la administración de información en la nube [10].

La programación de la ESP32 se realizó utilizando su módulo WiFi integrado, configurado para enviar datos a través del protocolo MQTT. Este protocolo permite la transmisión eficiente de información hacia la aplicación móvil, donde los usuarios pueden visualizar el consumo de agua en tiempo real. La interfaz de la aplicación fue diseñada para ser intuitiva y brindar alertas sobre patrones de consumo elevados o inusuales.

El sistema fue instalado en un apartamento con tres residentes, monitoreando el consumo de agua en áreas clave como baños, duchas, inodoros y la cocina. Los sensores se ubicaron estratégicamente para capturar datos detallados sobre el uso del agua en cada punto de consumo. El sistema fue instalado en un apartamento con tres residentes, monitoreando el consumo de agua en áreas clave como baños, duchas, inodoros y cocina. Los sensores se

ubicaron estratégicamente para capturar datos detallados sobre el uso del agua en cada punto de consumo.

2. Desarrollo

El alto consumo de agua en Bogotá y sus alrededores ha llevado a la Alcaldía a implementar medidas de racionamiento del recurso hídrico [1]. Este panorama refleja una creciente presión sobre las fuentes de agua debido a factores como el aumento poblacional, el desperdicio en actividades diarias y el uso ineficiente en diversos entornos. Las campañas tradicionales para reducir el consumo han demostrado tener un impacto limitado, especialmente cuando los usuarios no cuentan con herramientas que les permitan visualizar y entender su gasto de agua en tiempo real.

En este contexto, surge la necesidad de desarrollar soluciones tecnológicas que permitan a las personas tomar un rol activo en la gestión de este recurso. Por ello, se planteó implementar un sistema de monitoreo en una unidad residencial mediante el uso de la placa ESP32, tecnología IoT y sensores de flujo. Esta solución no solo busca identificar el consumo en tiempo real, sino también fomentar hábitos responsables en los usuarios, contribuyendo así a la sostenibilidad hídrica.

2.1 Estado del Arte

En los últimos años, diversas instituciones académicas y de investigación han desarrollado soluciones tecnológicas innovadoras enfocadas en la gestión eficiente del agua, lo que refleja la creciente preocupación por este recurso vital.

Un ejemplo destacado es el trabajo realizado por estudiantes de la Universidad Javeriana de Bogotá, quienes implementaron un sistema de recolección de datos sobre el consumo de agua utilizando tecnología LoRaWAN. Este sistema recopila información de múltiples puntos y la muestra en una plataforma web intuitiva, facilitando el acceso a datos y tendencias para los usuarios [5]. Por otro lado, en la Universidad Politécnica de Valencia, se diseñó un sistema de vigilancia acuática que funciona como un centinela digital para ríos y lagos. Este sistema emplea una red de estaciones fijas y móviles que monitorean de manera continua la calidad del agua, recolectando datos precisos sobre diversos parámetros. [6]

Si bien estos proyectos han demostrado enfoques sólidos y efectivos, el presente trabajo se diferencia por su enfoque específico en el ámbito residencial y su integración de tecnologías IoT [11], almacenamiento en la nube y el uso de sensores YFS201. La combinación de estos elementos permite no solo la recolección de datos en tiempo real, sino también su visualización a través de una aplicación móvil diseñada para ser accesible e intuitiva para los usuarios.

El sistema fue implementado en un apartamento residencial en Bogotá habitado por tres personas, lo que permitió monitorear áreas clave de consumo como baños, duchas, inodoros y la cocina. Este enfoque no solo ofrece un análisis detallado del consumo de agua, sino que también busca fomentar la adopción de hábitos responsables mediante el acceso a información oportuna y precisa. Esta solución presenta un avance significativo al priorizar la experiencia del usuario, la accesibilidad y la escalabilidad, haciendo posible su aplicación en otros contextos residenciales y urbanos.

2.2 Descripción del sistema.

Fecha de envío:
Fecha de recepción:
Fecha de aceptación:

El sistema de monitoreo fue diseñado para medir el consumo de agua en los principales puntos de uso dentro de una residencia, incluyendo la cocina, los lavamanos, los inodoros y las duchas, recopilando datos para llegar a analizar las tendencias de consumo. Para ello, se emplearon sensores de flujo YFS201, los cuales fueron ubicados estratégicamente en cada uno de estos puntos para garantizar una recolección precisa de datos.

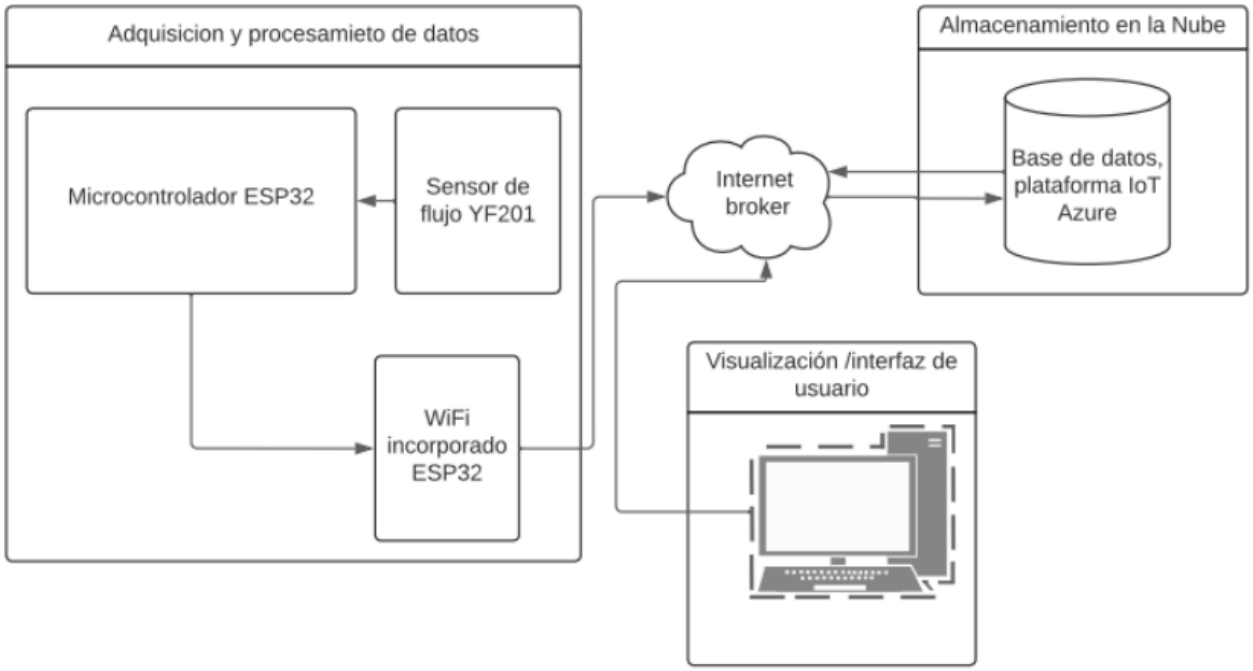


Figura 1. **Diagrama de bloques.** Fuente: elaboración propia de los autores.

2.2.1 Tecnologías empleadas.

El desarrollo de este proyecto fue posible gracias a la integración de tecnologías avanzadas que permitieron diseñar un sistema eficiente, confiable y funcional. El Internet de las Cosas (IoT) fue la base del sistema, permitiendo la comunicación y el intercambio de datos entre los sensores, dispositivos y la aplicación móvil. Esta tecnología facilitó la interconexión de todos

los componentes, creando una red inteligente capaz de recopilar datos en tiempo real sobre el consumo de agua.

Para el almacenamiento y análisis de la información, se utilizó Microsoft Azure, una plataforma en la nube reconocida por su fiabilidad, escalabilidad y seguridad. Azure permitió centralizar grandes volúmenes de datos, garantizando su accesibilidad desde cualquier lugar y en cualquier momento. Además, ofreció herramientas para la gestión eficiente de la información, como bases de datos (Contenedores de información) y servicios de procesamiento en tiempo real (Stream Analytics), esenciales para el funcionamiento del sistema.

El dispositivo ESP32 desempeñó un papel central en la arquitectura del sistema, actuando como controlador principal. Este microcontrolador se seleccionó por su capacidad de conectividad WiFi, su eficiencia energética y su soporte para protocolos avanzados. Uno de estos protocolos fue MQTT (Message Queuing Telemetry Transport), ampliamente utilizado en aplicaciones IoT debido a su capacidad para transmitir datos de manera ligera y eficiente. MQTT permitió la comunicación en tiempo real entre los sensores instalados y la nube, asegurando la transferencia fluida de información, su bajo ancho de banda y alta confiabilidad aseguran una transmisión estable y en tiempo real, incluso en entornos con conectividad limitada.

Finalmente, los sensores de flujo YFS201 fueron empleados para medir el caudal de agua en los principales puntos de consumo, como la cocina, los lavamanos, los inodoros y las duchas. Estos sensores destacan por su precisión, bajo costo y facilidad de integración con microcontroladores como el ESP32. Proporcionaron datos confiables, que posteriormente fueron procesados y visualizados en la aplicación móvil.

La combinación de estas tecnologías no solo permitió desarrollar un sistema robusto y funcional, sino también una herramienta práctica y accesible para los usuarios, fomentando la sostenibilidad en la gestión de recursos hídricos.

Fecha de envío:
Fecha de recepción:
Fecha de aceptación:

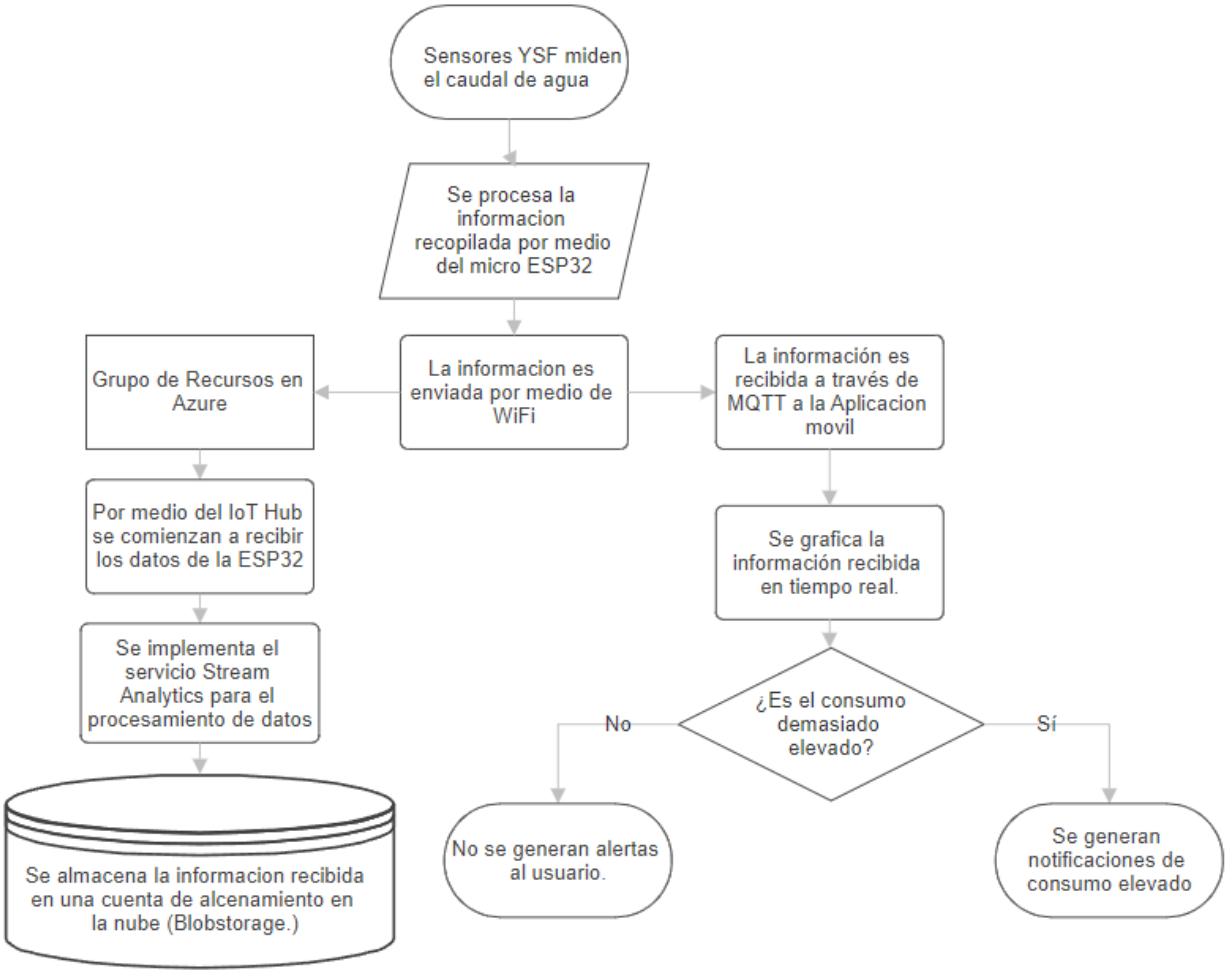


Figura 2. **Diagrama de flujo.** Fuente: elaboración propia de los autores.

2.3 Resultados Obtenidos

El sistema de monitoreo de consumo de agua funcionó de manera correcta durante todo el periodo de prueba, cumpliendo con los objetivos propuestos. Los sensores YFS201 instalados en los principales puntos de consumo (cocina, lavamanos, inodoros y duchas) recolectaron datos precisos y confiables, los cuales fueron transmitidos y almacenados exitosamente en la nube de Azure. La integración del sistema con la aplicación móvil permitió a los usuarios

visualizar su consumo en tiempo real, lo que facilitó la identificación de patrones de uso y la adopción de prácticas más responsables.

Uno de los resultados más significativos fue la reducción aproximada del 14% en el consumo total de agua durante el periodo de implementación. Esta disminución fue atribuida directamente a la capacidad del sistema de proporcionar información detallada sobre el uso del recurso y generar alertas de consumo elevado, lo que fomentó una mayor conciencia en los residentes sobre sus hábitos diarios.

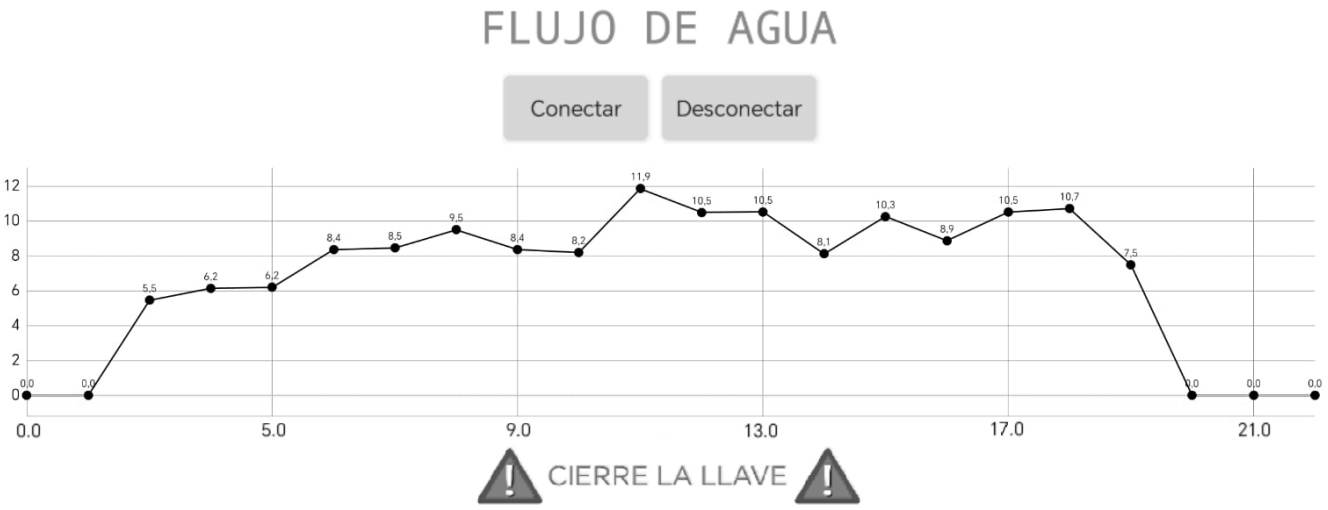


Figura 3. **Aplicación durante consumo de agua.** Fuente: elaboración propia de los autores.

{"msgCount"	L/m	EventProcessedUtcTime
0	0,0	2025-01-16T02:56:12.2043240Z
1	0,0	2025-01-16T02:56:17.4548060Z
2	5,5	2025-01-16T02:56:22.8145206Z
3	6,2	2025-01-16T02:56:27.8464049Z
4	6,2	2025-01-16T02:56:34.5187134Z
5	8,4	2025-01-16T02:56:39.7688376Z
6	8,5	2025-01-16T02:56:45.0195386Z
7	9,5	2025-01-16T02:56:50.3790054Z
8	8,4	2025-01-16T02:56:55.6296866Z
9	8,2	2025-01-16T02:57:00.7722724Z
10	11,9	2025-01-16T02:57:06.1303404Z
11	10,5	2025-01-16T02:57:11.3805977Z
12	10,5	2025-01-16T02:57:16.6310290Z

13	8,1	2025-01-16T02:57:21.8812376Z
14	10,3	2025-01-16T02:57:27.1318942Z
15	8,9	2025-01-16T02:57:32.0554636Z
16	10,5	2025-01-16T02:57:38.8358687Z
17	10,7	2025-01-16T02:57:44.0861942Z
18	7,5	2025-01-16T02:57:49.4458322Z
19	0,0	2025-01-16T02:57:54.4799435Z
20	0,0	2025-01-16T02:57:59.8375164Z
21	0,0	2025-01-16T02:58:05.0876639Z
22	0,0	2025-01-16T02:58:10.3388703Z

Tabla 1. **Información recopilada durante prueba**. Fuente: elaboración propia de los autores.

Para garantizar la precisión de los datos recopilados, el sensor YFS201 fue calibrado antes de su implementación en el sistema. Este proceso consistió en establecer una relación exacta entre la señal de salida del sensor (frecuencia generada) y el caudal real del agua, siguiendo el principio de funcionamiento del dispositivo.

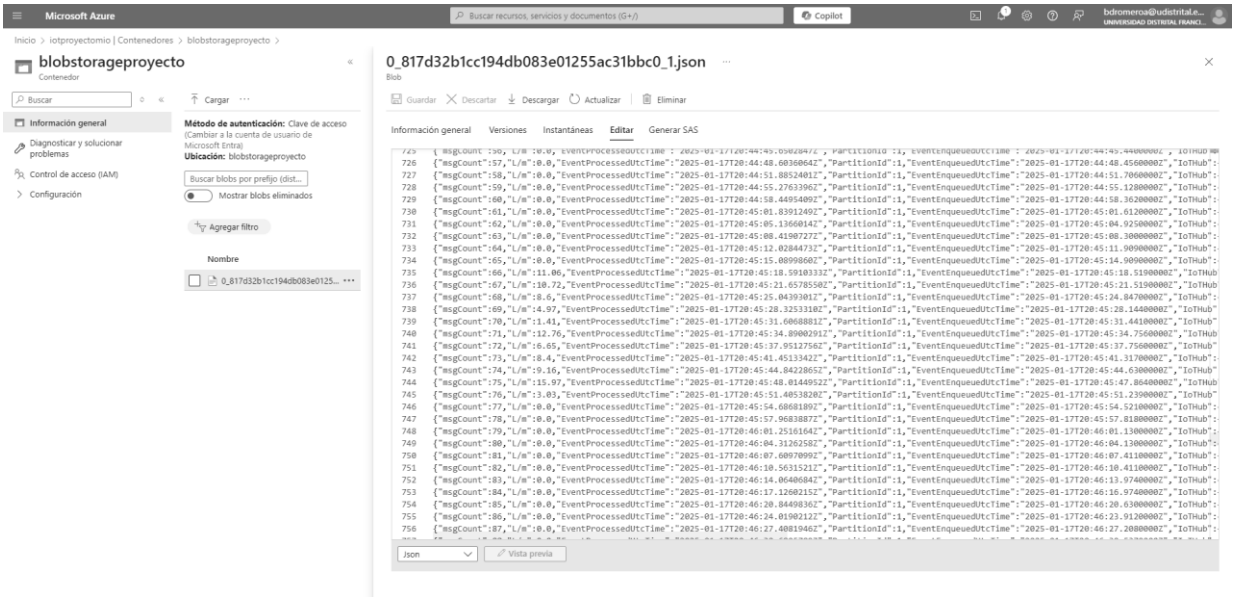


Figura 4. **Almacenamiento en la nube por medio de Microsoft Azure.** Fuente: Elaboración propia de los autores

El sensor YFS201 mide el flujo de agua mediante un impulsor interno que gira a medida que el agua fluye a través del sensor. Cada giro del impulsor genera una señal de pulsos eléctricos,

cuya frecuencia es proporcional al caudal del agua. Para convertir estos pulsos en una medición de flujo útil, se utilizó la siguiente ecuación (1):

$$k = \frac{f}{Q} \qquad (1)$$

Donde K: Factor de calibración del sensor, dado por el fabricante o determinado experimentalmente (pulsos por litro). Q: Caudal de agua en litros por minuto (L/min). f: Frecuencia de los pulsos generados por el sensor (Hz). Se hacen pruebas recopilando la cantidad de pulsos generados por el sensor (f) con un caudal conocido (Q), para determinar la consistencia del factor de calibración del sensor.

2.4 Perspectivas futuras.

El sistema de monitoreo de consumo de agua tiene un gran potencial para ser mejorado y expandido mediante la incorporación de nuevas funcionalidades que aumenten su valor para los usuarios y su impacto positivo en la sostenibilidad. A continuación, se describen algunas de estas posibles mejoras:

2.4.1. Integración con Otros Servicios Residenciales.

El sistema podría ampliarse para incluir el monitoreo de otros servicios esenciales, como:

- Consumo de energía: Integración con medidores eléctricos inteligentes para visualizar el uso de electricidad junto con el agua.
- Calefacción y agua caliente: Monitoreo del uso de agua caliente, lo que permitiría identificar oportunidades para reducir el gasto energético asociado.
- Control climático: Sincronización con sistemas de climatización para optimizar recursos en función del consumo de agua y energía.

2.4.2. Deteccion de Fugas.

Fecha de envío:
Fecha de recepción:
Fecha de aceptación:

Mediante el análisis de patrones de consumo y la identificación de flujos anómalos, el sistema podría alertar a los usuarios sobre posibles fugas de agua en tiempo real. Esta funcionalidad no solo reduciría desperdicios, sino que también ayudaría a evitar daños materiales en la residencia.

2.4.3. Comparacion entre usuarios.

Incluir una función que permita a los usuarios comparar su consumo con el de otros residentes dentro de la misma unidad residencial o con promedios locales. Esta característica fomentaría la adopción de prácticas más responsables al visualizar cómo se posicionan en relación con otros.

2.4.4. Gamificacion.

Para aumentar el compromiso de los usuarios, se podrían introducir elementos de gamificación, como:

- **Retos y metas:** Proponer objetivos, como reducir el consumo un 10 % durante el mes, con recompensas virtuales al cumplirlos.
- **Clasificaciones:** Mostrar rankings de usuarios con el menor consumo o el mayor ahorro en una comunidad.
- **Logros:** Otorgar insignias o reconocimientos por hitos específicos, como un mes completo con consumo eficiente.

3. Conclusiones

El desarrollo del sistema de monitoreo del consumo de agua demostró ser una solución eficaz para abordar la creciente necesidad de gestionar de manera sostenible este recurso esencial. La integración de sensores YFS201, tecnología IoT, almacenamiento en la nube de Azure y

una aplicación móvil permitió diseñar un sistema robusto y eficiente. Este funcionó sin fallos durante su implementación, brindando a los usuarios información en tiempo real sobre su consumo de agua en puntos clave como cocina, duchas, lavamanos e inodoros.

Asimismo, el diseño del sistema destaca por su escalabilidad y potencial para ser implementado en contextos más amplios, como comunidades residenciales o edificios completos. A futuro, este sistema podría mejorarse aún más mediante la integración con otros servicios domésticos, como la gestión de energía y calefacción, la detección automática de fugas y la incorporación de elementos de gamificación que motiven a los usuarios a reducir aún más su consumo.

En síntesis, el proyecto no solo cumplió con los objetivos propuestos, sino que también demostró su potencial para generar un impacto positivo tanto en el comportamiento de los usuarios como en la sostenibilidad del recurso hídrico. Esto refuerza la relevancia de este tipo de soluciones tecnológicas para enfrentar los retos actuales relacionados con la gestión responsable de los recursos naturales.

Referencias.

[1] "Ante la ausencia de lluvias regresan los cortes de agua cada diez días en Bogotá y si no se ahorra puede haber más restricciones" Eltiempo.com, 2024. https://www.eltiempo.com/bogota/racionamiento-en-bogota-alcalde-carlos-fernando-galan-anuncia-nuevas-medidas-3382908 (accessed Ene. 14, 2025).

[2] Twenergy, "¿Cuánta agua consumimos en un hogar?," Twenergy, Nov. 08, 2019. https://twenergy.com/ecologia-y-reciclaje/como-ahorrar-agua/cuanta-agua-consumimos-en-un-hogar/ (accessed Jul. 19, 2024)..

[3] "Salvar agua en Bogotá," Eltiempo.com, 2014. https://www.eltiempo.com/Multimedia/especiales/salvar_agua_bogota/ (accessed Jul. 20, 2024).

[4] "Vista de Consumo básico de agua potable en Colombia | Tecnogestión: Una mirada al ambiente," Udistrital.edu.co, 2021. https://revistas.udistrital.edu.co/index.php/tecges/article/view/4379/6601 (accessed Jul. 21, 2024).

[5] Useche Narváez, Nicolás, “Sistema de monitoreo de consumo de agua en hogares, basado en tecnologías del Internet de las Cosas (IoT) y redes LoRaWAN,” Javeriana.edu.co, 2023, doi: http://hdl.handle.net/10554/65413. (accessed Jul. 28, 2024).

[6] “SISTEMA DE CONTROL Y VIGILANCIA DE LA CALIDAD DEL AGUA. - Universitat de València,” Produccciocientifica.uv.es, 2020. https://produccciocientifica.uv.es/patentes/P200201829?lang=gl (accessed Jul. 28, 2024).

[7] J. Alcalá-Rodríguez, J. C. Barbosa-García, M. J. Contreras-Guzmán, J. Gudiño-Lau, S. M. Charre-Ibarra, and D. Vélez-Díaz, “Sistema de monitoreo doméstico para consumo de agua,” XIKUA Boletín Científico de la Escuela Superior de Tlahuelilpan, vol. 10, no. 19, pp. 17–23, Jan. 2022, doi: https://doi.org/10.29057/xikua.v10i19.8049. (accessed Jul. 28, 2024).

[8] “MODEL: YF-S201.” Available: https://www.mantech.co.za/datasheets/products/yf-s201_sea.pdf (accessed Jul. 31, 2024).

[9] Espressif, “ESP32 Series Datasheet Including,” 2024. Available: https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/esp32_datasheet_en.pdf (accessed Jul. 31, 2024).

[10] “Qué es Azure: Servicios en la nube de Microsoft | Microsoft Azure,” Microsoft.com, 2024. https://azure.microsoft.com/es-es/resources/cloud-computing-dictionary/what-is-azure (accessed Jul. 31, 2024).

[11] “¿Qué es el Internet de las cosas (IoT)? | IBM,” Ibm.com, May 12, 2023. https://www.ibm.com/mxes/topics/internet-of-things (accessed Aug. 2, 2024).