

Sistema de detección de movimiento con sensor ultrasonido y Arduino para controlar el aforo de turistas

Motion detection system with ultrasound sensor and Arduino to control the capacity of tourists

DOI: <https://doi.org/10.17981/cesta.03.02.2022.02>

Artículo de investigación científica. Fecha de recepción: 22/02/2022. Fecha de aceptación: 06/04/2022.

Isabel Arregocés Julio 

Universidad de la Guajira. Riohacha (Colombia)
icarregoces@uniguajira.edu.co

Para citar:

I. Arregocés, “Sistema de detección de movimiento con sensor ultrasonido y Arduino para controlar el aforo de turistas”, *J. Comput. Electron. Sci.: Theory Appl.*, vol. 3, no. 2, pp. 11–17, 2022. <https://doi.org/10.17981/cesta.03.02.2022.02>

Resumen

Introducción— A raíz de la pandemia ocasionada por el virus Sars-Cov-2, los países han impuesto medidas para que los establecimientos puedan normalizar poco a poco sus actividades en una etapa de transición que apunta a la reactivación económica en el sector turismo. Para la reapertura de los escenarios dispuestos en el turismo cultural, es necesario el estricto cumplimiento del distanciamiento social y evitar las aglomeraciones, razón por la cual resulta indispensable limitar el aforo o la capacidad de visitantes.

Objetivo— Presentar el diseño de un prototipo de adquisición de datos utilizando un sensor ultrasonido HC-SR04 programado con Arduino, cuya implementación permite para controlar el aforo máximo de turistas en entornos cerrados tales como museos, bibliotecas, parques temáticos, edificaciones, galerías de arte y sitios arqueológicos.

Metodología— Se propuso la implementación de un sistema basado en IoT y analítica de datos en un contexto turístico. La programación con código Arduino permitió la captura y visualización de datos durante de 48 horas.

Resultados— Mediante el análisis de la información capturada fue posible alertar sobre la capacidad máxima establecida para el aforo parametrizado de visitantes, identificando a través de las notificaciones los niveles de riesgo.

Conclusiones— El sistema desarrollado permite alertar sobre el aforo máximo en espacios cerrados, generando control y reduciendo la probabilidad de contagio en estos espacios.

Palabras clave— Arduino; distancia; sensor ultrasonido; sistema; turismo

Abstract

Introduction: As a result of the pandemic caused by the Sars-Cov-2 virus, countries have imposed measures so that establishments can gradually normalize their activities in a transition stage that points to economic reactivation in the tourism sector. For the reopening of the scenarios arranged in cultural tourism, it is necessary to strictly comply with social distancing and avoid crowds, which is why it is essential to limit the capacity or the capacity of visitors.

Objective— To present the design of a data acquisition prototype using an HC-SR04 ultrasonic sensor programmed with Arduino, whose implementation allows to control the maximum capacity of tourists in closed environments such as museums, libraries, theme parks, buildings, art galleries and archaeological sites.

Methodology— The implementation of a system based on IoT and data analytics in a tourism context was proposed. Programming with Arduino code allowed the capture and visualization of data for 48 hours.

Results— Through the analysis of the captured information, it was possible to alert about the maximum capacity established for the parameterized capacity of visitors, identifying through the notifications the risk levels.

Conclusions— The developed system allows alerting about the maximum capacity in closed spaces, generating control and reducing the probability of contagion in these spaces.

Keywords— Arduino; distance; tourism; system; ultrasound sensor

I. INTRODUCCIÓN

Actualmente, uno de los riesgos más latentes en la sociedad está asociado con el contagio por el covid-19, para reducir los indicadores de casos nuevos se han modificado los esquemas de seguridad sanitarias, restringiendo eventos multitudinarios, los contactos directos entre personas y algunas actividades sociales. Uno de los sectores más golpeados por la pandemia es el turismo, los desplazamientos a destinos turísticos se están reactivando bajo normas de bioseguridad y control de aforos, principalmente en espacios cerrados. Dado lo anterior, esta investigación se centra en el diseño de un sistema cuyas variables permiten capturar y visualizar la información sobre la cantidad de personas que consumen productos turísticos culturales gracias a la detección de movimiento y proximidad realizada por los sensores de ultrasonido. Los sensores HC-SR04 son muy utilizados por las comunidades de desarrolladores de sistemas integrados por su facilidad de uso e integración, disponibilidad y bajo precio [1].

La arquitectura fue configurada con el módulo ESP32 [2], teniendo en cuenta la recopilación y lectura de datos desde el servidor Influxdb Cloud. El artículo está organizado en cinco secciones, en la segunda sección se describen los trabajos relacionados con sensores HC-SR04 y Arduino, el diseño del sistema implementado para la adquisición de datos se presenta en la sección tres, los resultados de los datos temporales suministrados por el sensor de ultrasonido se muestran en la sección cuatro y las conclusiones en la sección cinco.

II. TRABAJOS RELACIONADOS

Investigaciones recientes sobre ciudades inteligentes presentan diseños con sensores de ultrasonido para resolver desafíos de interconexión urbana, en India los servicios de estacionamiento basados en IoT (Internet de las cosas) y cloud computing son objeto de estudio. El NITT (India) proponen un sistema inteligente para que el usuario identifique y reserve en línea en tiempo real espacios de estacionamientos disponibles [3], la arquitectura cuenta con varios sensores HC-SR04 conectados a Esp8266, estos activan una señal que permite medir la distancia basada en un tiempo de espera.

Científicos del MTC (Omán) utilizaron un sensor ultrasónico HC-SR04 [4], gracias a su bajo costo se pudo realizar un prototipo de robot móvil probado en laboratorio apto para la cartografía, el estudio indicó que el uso de sensores ultrasónicos se puede mejorar agregando visualización de datos en tiempo real. Los sistemas de alertas son creados para detectar fallos o advertir sobre posibles riesgos, los componentes utilizados en su diseño dependen de necesidades específicas claramente identificadas. El sistema de alerta de proximidad desarrollado por investigadores del FUPRE y UNIZIK en Nigeria utilizó un sensor ultrasónico y un microcontrolador Arduino para reducir el riesgo de accidente de los trabajadores mediante un sistema de retroalimentación sobre la proximidad a las zonas de peligro existentes en la empresa [5], los resultados revelaron la necesidad de utilizar más sensores en puntos estratégicos.

Autores del TUIASI en Rumania presentaron el desarrollo de la interfaz del sensor HC-SR04 Arduino con microcontrolador PIC18F para un radar el cual detecte objetos ubicados a distancias entre 2 cm y 4 metros y muestre el valor de la distancia al objeto [6]. El SUST (Bangladesh) realizó la construcción de un sistema de inteligencia de asistencia de estudiantes, gracias al uso de dispositivos como el lector de huellas dactilares, el microcontrolador Arduino, el módulo Wifi ESP-32 y el sensor HC-SR04 [7]. Otro enfoque sobre el control de asistencia en el aula de clases se propone en el BRAC de Bangladesh [8], fusionando tecnología IoT y RFID, y utilizando un sensor ultrasónico que permite medir la estatura de una persona y enviarla al sistema para su verificación. Al contrastar con sensores láser, las investigaciones resaltan la posibilidad de implementar prototipos de bajo costo y consumo usando sensores HC-SR04.

III. MATERIALES Y METODOS

Para controlar el aforo de visitantes o turistas en espacios cerrados, se propuso un sistema el cual permite contar las personas que ingresan, salen o permanecen en el recinto, y los datos detectados por los sensores son enviados al servidor teniendo en cuenta las variables establecidas.

A. Diseño del sistema

El sistema propuesto trabaja con dos sensores de ultrasonido HC-SR04 y un módulo ESP32 programado con Arduino, como lo muestra la Fig. 1. Dependiendo del sensor seleccionado 1 o 2, se medirá la distancia calculando el tiempo que demora la señal emitida por las bocinas. Las características de los componentes son descritas en la Fig. 2.

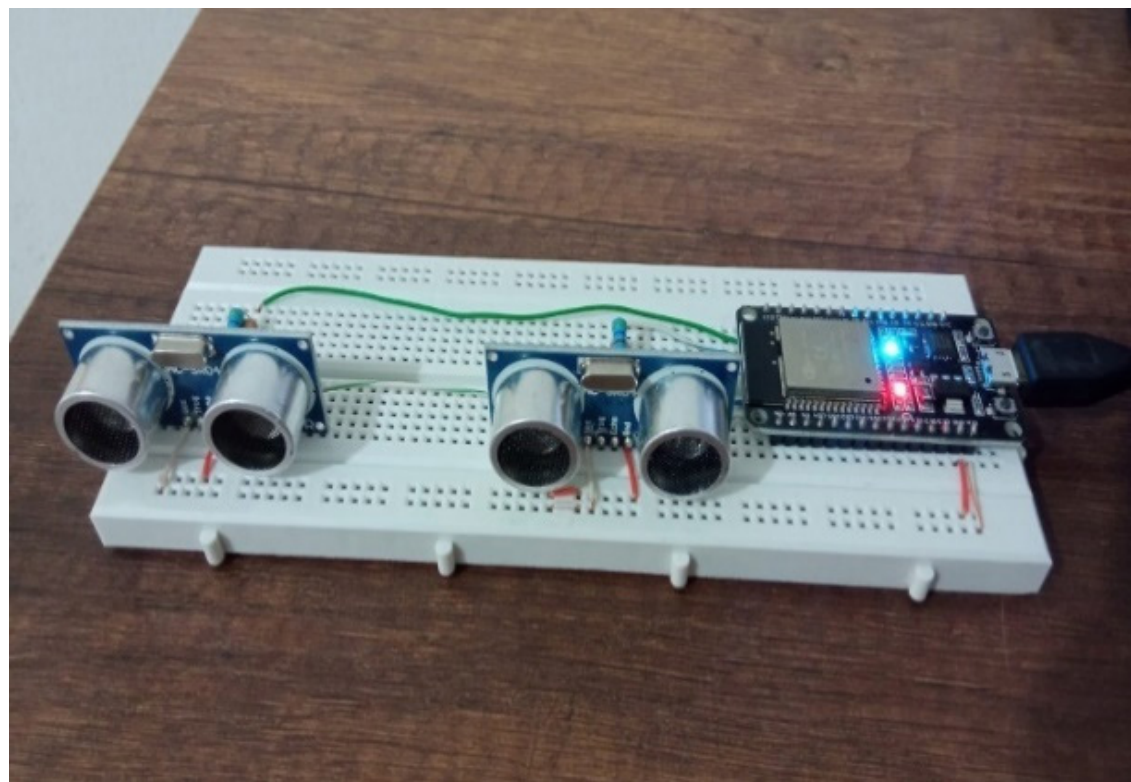


Fig. 1. Implementación del sistema.
Fuente: Autor.



Tarjeta ESP32	Sensor Ultrasonido (HCSR04)
	
<p>Características: Procesador dual Core Xtensa® LX6 de 32 bits. Velocidad de reloj: Entre 160 MHz y 240 MHz. 520 Kb de RAM – 36 GPIO pins. Wifi integrado: Acces point & Station 16 × Analog-to-Digital Converter (ADC) de 12 bits de resolución y programable con límite de entrada a 1V, 2V y 4V. 2 × Digital to Analog converter DAC de 8 bits.</p>	<p>Características Range: 2 cm – 10 m. Beam-width: 30 Deg. Beam Pattern: Conical. Frequency: 40 KHz. Unit Cost: 1.2 USD.</p>

Fig. 2. Componentes electrónicos del sistema.
Fuente: Autor.

El sistema utiliza tres variables, entrada (*peopleInTemp*), salida (*peopleOutTemp*) y personas que permanecen en el recinto (*peopleActual*). La verificación de la cantidad de personas, tanto entrada, como salida y aforo se realiza cada 10 segundos leyendo la información de los sensores, tal como se estructura en el siguiente código:

```

Point sensor("DHQ_MONITORING");

int peopleInTemp,
    peopleOutTemp, peopleActual;

int peopleIn, peopleOut;

unsigned long previousMillis = 0;

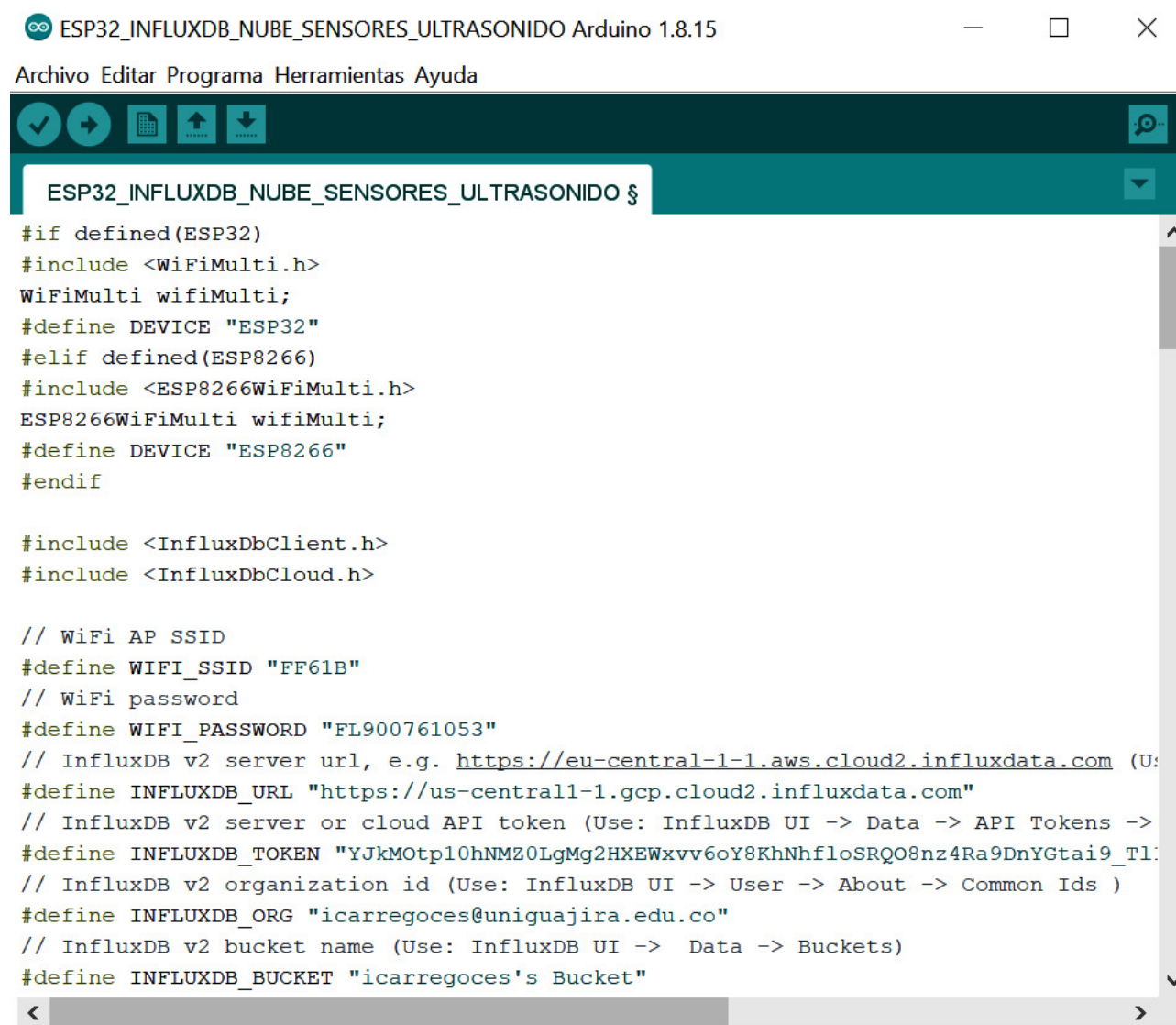
const long interval = 10000;
    
```

Como control a posibles infracciones a la sensibilidad del sensor se establece una instrucción de protección con la cual, si una persona se ubica frente al sensor, este realizara el conteo hasta el momento en que se mueva.

```
Serial.println("Sensor " + String(x) + " = " + String(d) + " Cm");
if (d == 0) return false;
else if (d < 30) {while (d < 30)
{digitalWrite (Trigger, HIGH);
delayMicroseconds (10);
digitalWrite (Trigger, LOW);
t = pulseIn (Echo, HIGH);
d = t/59;
```

Se determinó el uso de la plataforma Influxdb cloud dado que es una base de datos abierta y gratuita [9], la cual maneja grandes cantidades de datos y mejora la capacidad de análisis [10]. Ofrece además una capacidad de recuperación y almacenamiento basada en la nube con alta disponibilidad para monitorear datos de IoT y análisis en tiempo real [11].

En la Fig. 3 se muestra la conexión y la configuración para el envío de datos hacia el hardware y la plataforma Influxdb cloud.



```
ESP32_INFLUXDB_NUBE_SENSORES_ULTRASONIDO Arduino 1.8.15
Archivo Editar Programa Herramientas Ayuda
ESP32_INFLUXDB_NUBE_SENSORES_ULTRASONIDO §
#if defined(ESP32)
#include <WiFiMulti.h>
WiFiMulti wifiMulti;
#define DEVICE "ESP32"
#elif defined(ESP8266)
#include <ESP8266WiFiMulti.h>
ESP8266WiFiMulti wifiMulti;
#define DEVICE "ESP8266"
#endif

#include <InfluxDbClient.h>
#include <InfluxDbCloud.h>

// WiFi AP SSID
#define WIFI_SSID "FF61B"
// WiFi password
#define WIFI_PASSWORD "FL900761053"
// InfluxDB v2 server url, e.g. https://eu-central-1-1.aws.cloud2.influxdata.com (U:
#define INFLUXDB_URL "https://us-central1-1.gcp.cloud2.influxdata.com"
// InfluxDB v2 server or cloud API token (Use: InfluxDB UI -> Data -> API Tokens ->
#define INFLUXDB_TOKEN "YJkMotp10hNMZ0LgMg2HXEWxvv6oY8KhNhfloSRQ08nz4Ra9DnYGtai9_TL
// InfluxDB v2 organization id (Use: InfluxDB UI -> User -> About -> Common Ids )
#define INFLUXDB_ORG "icarregoces@uniguajira.edu.co"
// InfluxDB v2 bucket name (Use: InfluxDB UI -> Data -> Buckets)
#define INFLUXDB_BUCKET "icarregoces's Bucket"
```

Fig. 3. Software Arduino para el módulo ESP32.
Fuente: Autor.

IV. RESULTADOS

Las pruebas realizadas al sistema están determinadas por las variables de conteo *peopleIn* y *peopleOut*, las Fig. 4 y Fig. 5 muestran los indicadores de desempeño.

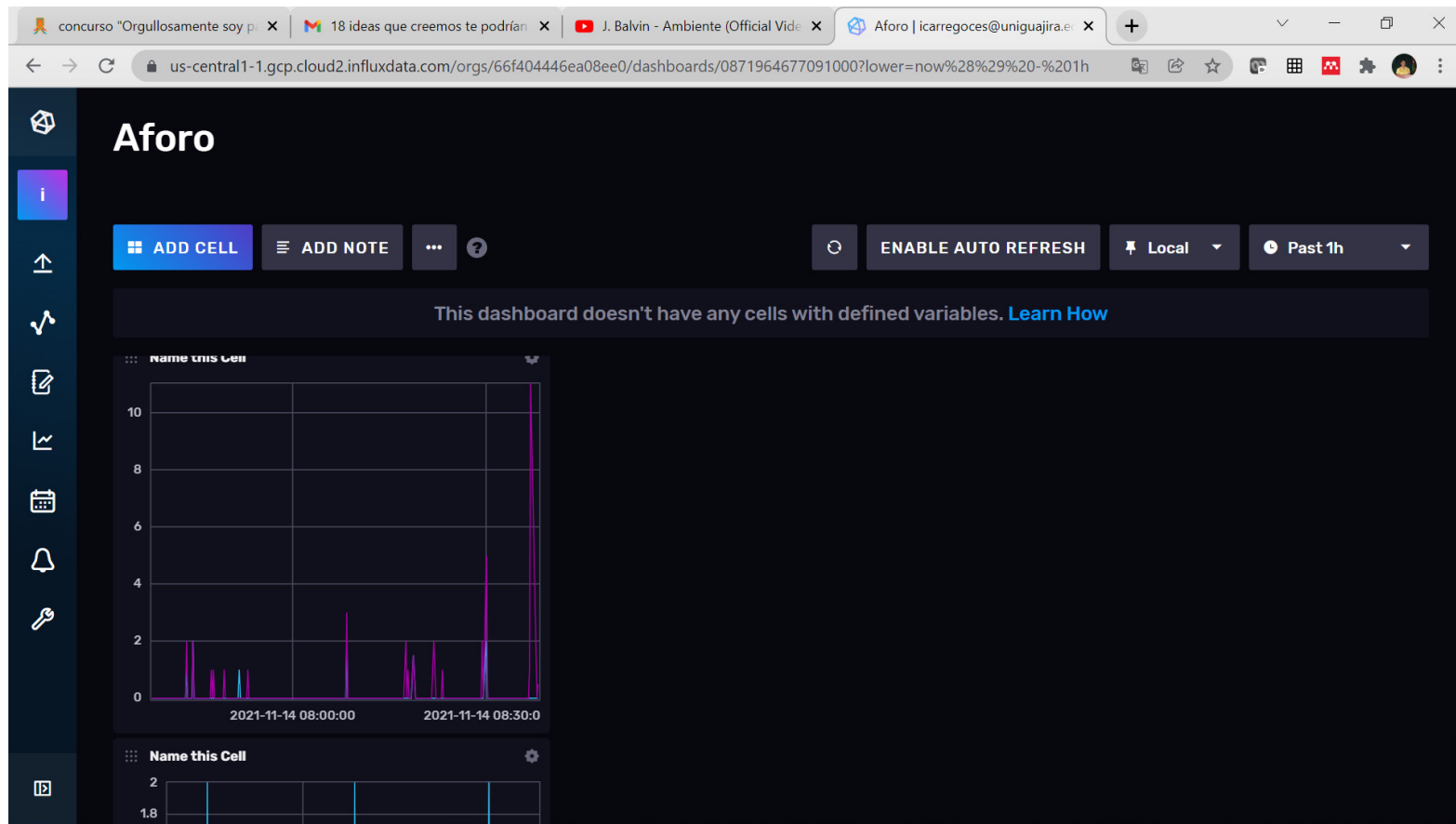


Fig. 4. Gráfica de las personas que ingresan y salen del recinto.
Fuente: Autor.

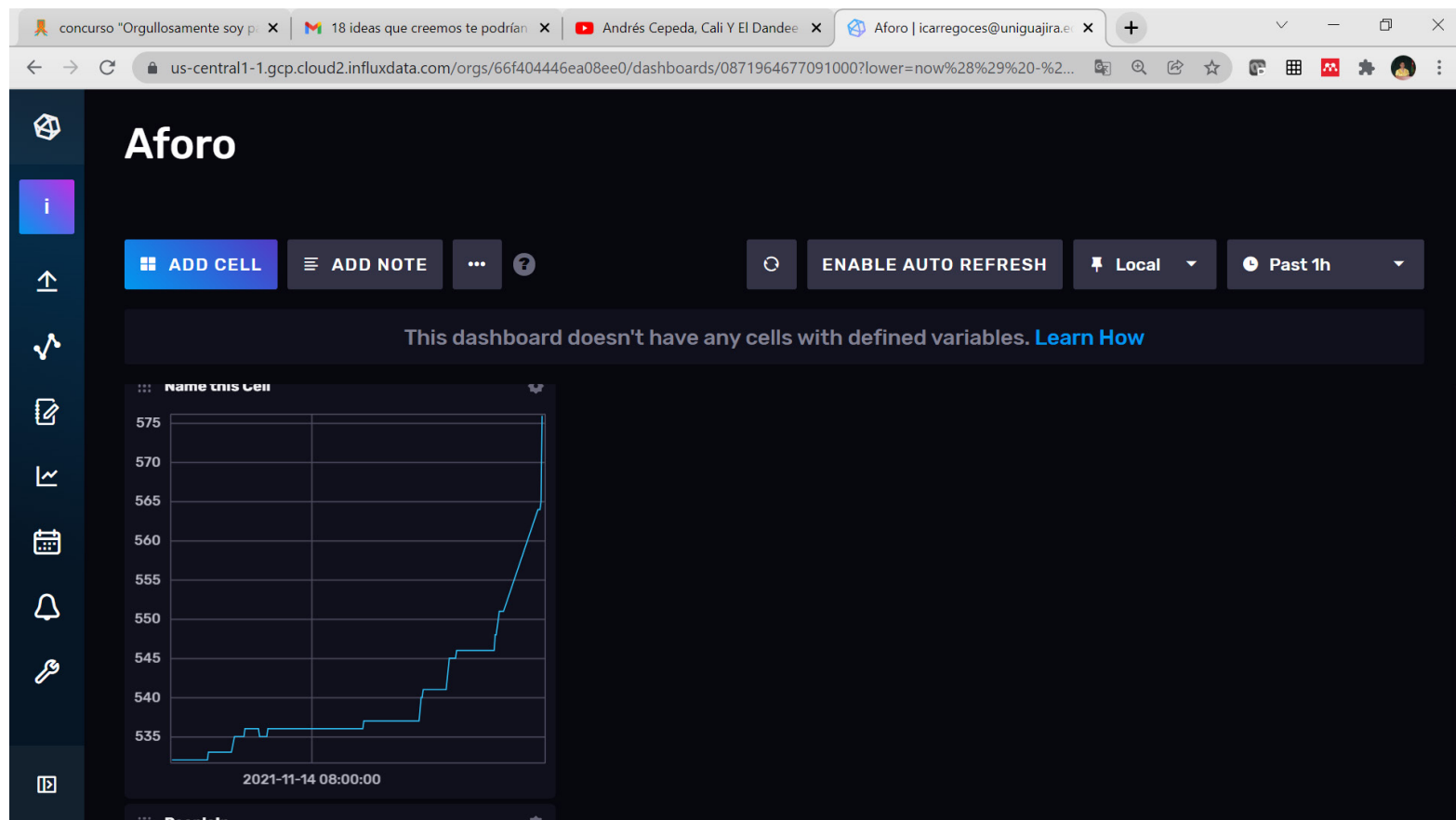


Fig. 5. Gráfica de las personas actualmente recinto.
Fuente: Autor.

La Fig. 5 muestra el comportamiento del sistema a través de una gráfica comparativa entre las personas que entran al lugar, así mismo es posible conocer la cantidad exacta de turistas. Por otro lado, las notificaciones en tiempo real permitieron identificar niveles de riesgo, como se muestra en la Fig. 6 y Fig. 7 la alarma se activó reiteradamente en el tiempo al llegar a una cifra de 95 personas dentro del recinto, este valor sobrepasa la cantidad permitida programada para generar alertas al detectar entre 45 y 49 personas.



Fig. 6. Comportamiento del sistema.
Fuente: Autor.

TIME	LEVEL
2021-11-14 06:55:00	warn
2021-11-14 06:54:00	warn
2021-11-14 06:53:00	warn
2021-11-14 06:52:00	warn
2021-11-14 06:51:00	warn
2021-11-14 06:50:00	warn
2021-11-14 06:49:00	warn
2021-11-14 06:48:00	ok
2021-11-14 06:47:00	ok
2021-11-14 06:46:00	ok
2021-11-14 06:45:00	ok

Fig. 7. Alerta del sistema en Influxdb cloud.
Fuente: Autor.

V. CONCLUSIONES

Los sensores de ultrasonido son utilizados en investigaciones donde la distancia es una variable determinante, esto permite prototipar sistemas de alerta con alta precisión en múltiples entornos. En este artículo se presentó el prototipo de un sistema de alerta con sensores HC-SR04 y el módulo ESP32, los datos adquiridos fueron almacenados en la nube con la plataforma influxdb cloud.

El sistema desarrollado permite alertar sobre el aforo máximo en espacios cerrados, generando control y reduciendo la posibilidad de contagios en estos escenarios. Teniendo en cuenta las variables, la retroalimentación constante del sistema ayuda a la toma de decisiones en tiempo real, minimizando el riesgo y cumpliendo con las restricciones impuestas en el marco de la pandemia. Como limitación del sistema se encontró que el sensor puede contar solo una persona a la vez, en el caso de entrar dos personas juntas al recinto solo contaría una y no dos. Cuando hay problemas con el fluido eléctrico el sistema se apaga ocasionando pérdida de datos. Si bien el prototipo tiene su aplicación a partir de las restricciones surgidas en pandemia, en trabajos futuros se puede trabajar la implementación en otros escenarios donde sea necesario el control de visitantes o turistas.

REFERENCIAS

- [1] K. A. Raza & W. Monnet, “Moving objects detection and direction-finding with HC-SR04 ultrasonic linear array”, presented at *5th International Engineering Conference*, IEC, Erbil, IQ, 23-25 Jun. 2019, pp. 153–158. <https://doi.org/10.1109/IEC47844.2019.8950639>
- [2] Prometec, “Instalando el ESP32”, *Prometec.net*. February 20, 2018. [Online]. Available: <https://www.prometec.net/instalando-esp32/>
- [3] D. Vakula & Y. K. Kolli, “Low cost smart parking system for smart cities”, presented at *International Conference on Intelligent Sustainable Systems*, ICISS, Palladam, IN, 7-8 Dec. 2017, pp. 280–284. <https://doi.org/10.1109/ISS1.2017.8389415>
- [4] C. N. Yalung & C. M. S. Adolfo, “Analysis of Obstacle Detection Using Ultrasonic Sensor”, *IRJET*, vol. 4, no. 1, pp. 1015–1019, Jan. 2017. <https://irjet.net/archives/V4/i1/IRJET-V4I1178.pdf>
- [5] C. E. Mgbemena, D. O. Onuoha, C. C. Okpala & C. O. Mgbemena, “Design and development of a proximity warning system for improved safety on the manufacturing shop floor”, *J King Saud Univ Eng Sci*, In press, pp. 1–5, Nov. 2020. <https://doi.org/10.1016/j.jksues.2020.11.004>
- [6] M. V. Paulet, A. Salceanu & O. M. Neacsu, “Radar ultrasónico”, presented at *International Conference and Exposition on Electrical and Power Engineering*, EPE, Iasi, RO, 20-22 Oct. 2016. Available from https://www.academia.edu/34588272/Ultrasonic_Radar
- [7] S. Al Amin, M. A. Islam & M. S. Islam, “A fingerprint based smart attendance and security system using IoT and ultrasonic sensor”, presented at *International Conference on Automation, Control and Mechatronics for Industry 4.0*, ACMI, RJH, BD, 8-9 July 2021. <https://doi.org/10.1109/ACMI53878.2021.9528092>
- [8] M. I. Arefin Hossain, I. Hossain, M. Banik & M. A. Alam, “IOT based autonomous class attendance system using non-biometric identification”, presented at *Joint 7th International Conference on Informatics, Electronics and Vision and 2nd International Conference on Imaging, Vision and Pattern Recognition*, ICIEV-IVPR, RJFR, JP, 25-29 Jun. 2019, pp. 268–271. <https://doi.org/10.1109/ICIEV.2018.8640993>
- [9] O. B. M. Magtibay, R. H. Cabrera, J. P. Roxas & M. A. De Vera, “Green switch: an IoT based energy monitoring system for mabini building in De La Salle Lipa”, *IAES*, vol. 24, no. 2, pp. 754–761, Nov. 2021. <https://doi.org/10.11591/ijeecs.v24.i2.pp754-761>
- [10] M. Lu, Z. Nie & Y. Feng, “A Transnational Multi-cloud Distributed Monitoring Data Integration System”, presented at *IEEE 6th International Conference on Computer and Communications*, ICC3, CTU, CN, 11-14 Dec. 2020, pp. 1995–2000. <https://doi.org/10.1109/ICC351575.2020.9344893>
- [11] J. Okwuibe, J. Haavisto, E. Harjula, I. Ahmad & M. Ylianttila, “SDN Enhanced Resource Orchestration for Industrial IoT in Containerized Edge Applications”, *IEEE Access*, vol. 8, pp. 229117–229131, Dec. 2020. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.3045563>

Isabel Arregocés Julio es Ingeniera de Sistemas con énfasis en Telecomunicaciones en la Universidad Cooperativa de Colombia. Sus intereses de investigación incluyen Pedagogía y Tecnologías de la Información y la Comunicación. Investigadora de la facultad de Ciencias Económicas y Administrativas de la Universidad de la Guajira (Colombia). Integrante del Grupo Investigadores del Futuro-INFU, categorizado B por Minciencias. <https://orcid.org/0000-0001-5791-5533>