

# Desarrollo e implementación de un prototipo electrónico de timbrado automatizado en escuelas públicas de El Salvador

*Development of an Electronic Prototype for an Automated Bell Ringing System in Public Schools in El Salvador*



Omar Otoniel Flores Cortez<sup>1</sup>  
José Ramón Cornejo<sup>2</sup>

Recibido: 10 de enero de 2025

Aprobado: 13 de abril de 2025

DOI: <https://doi.org/10.5377/entorno.v1i80.21030>

URI: <https://hdl.handle.net/11298/1395>

## Resumen

Este artículo presenta el desarrollo e implementación de un prototipo de sistema de timbre automatizado para escuelas públicas en El Salvador, enfocado en mejorar la gestión del tiempo y la eficiencia operativa en las instituciones educativas. El proyecto priorizó escuelas en áreas rurales de las regiones central y paracentral, abarcando 14 escuelas primarias y secundarias dentro del sistema educativo salvadoreño. Utilizando componentes de bajo costo y acceso abierto como el microcontrolador Arduino UNO, el transceptor Bluetooth HC06 y App Inventor para el desarrollo de aplicaciones móviles, el sistema

## Abstract

This paper presents the development and implementation of a prototype automated bell system for public schools in El Salvador, focused on improving time management and operational efficiency in educational institutions. The project prioritized schools in rural areas of the central and paracentral regions of El Salvador, covering 14 primary and secondary schools within the national educational system. Using low-cost and open-access components such as the Arduino UNO microcontroller, the HC06 Bluetooth transceiver, and the App Inventor for mobile application development,

<sup>1</sup> Universidad Tecnológica de El Salvador. Dirección de Investigaciones. [omar.flores@utec.edu.sv](mailto:omar.flores@utec.edu.sv). <https://orcid.org/0000-0003-1754-4090>. <https://www.webofscience.com/wos/author/record/S-4027-2016>

<sup>2</sup> Universidad Tecnológica de El Salvador. Escuela de Ciencias Aplicadas. [jose.cornejo@utec.edu.sv](mailto:jose.cornejo@utec.edu.sv). <https://orcid.org/0009-0005-8410-9509>.

demonstró ser adaptable a diversos escenarios de implementación.

El sistema de timbre automatizado activa y desactiva los timbres escolares según horarios predefinidos configurables a través de una aplicación móvil basada en Android, ofreciendo una interfaz de usuario intuitiva y eficiente. Los estudiantes participaron activamente en el proyecto, aplicando sus habilidades en diseño electrónico, codificación y ensamblaje de sistemas para abordar un desafío del mundo real. El diseño modular y flexible del sistema no solo garantiza la asequibilidad, sino que también facilita la escalabilidad para futuras mejoras, como la configuración remota a través de internet de las cosas (IoT) y la automatización de funciones escolares adicionales.

Esta iniciativa, desarrollada en el marco de la responsabilidad social, demuestra el potencial de las tecnologías de código abierto para transformar los entornos educativos, al tiempo que proporciona una plataforma para el aprendizaje técnico y social.

### **Palabras clave**

El Salvador-Educación primaria-Investigaciones, Educación-Innovaciones tecnológicas, Localización de sonidos-Simuladores (tecnología), Tarjeta madre (microcomputadores)- Prototipo

the system proved adaptable to diverse deployment scenarios.

The automated bell system activates and deactivates school bells according to predefined schedules configurable through an Android-based mobile application, offering an intuitive and efficient user interface. Students were actively involved in the project, applying their skills in electronic design, coding, and system assembly to address a real-world challenge. The modular and flexible design of the system not only ensures affordability, but also facilitates scalability for future enhancements such as remote configuration through IoT and automation of additional school functions.

This initiative, developed within the framework of university social responsibility, demonstrates the potential of open-source technologies to transform educational environments, while providing a platform for technical and social learning.

### **Keywords**

El Salvador-Primary education-Research, Education-Technological innovations, Sound source localization-Simulators (technology), Motherboard (microcomputers)- Prototype

## **Introducción**

El sistema educativo en El Salvador se enfrenta a numerosos desafíos que impactan la calidad de la educación y el desarrollo de los estudiantes. Con una población estudiantil diversa y en constante crecimiento, las escuelas públicas, especialmente en áreas de bajos recursos, luchan por mantenerse al día con las demandas educativas modernas. La infraestructura escolar, en muchos casos, es deficiente y carece de los recursos necesarios para ofrecer un entorno de aprendizaje óptimo. La necesidad de

modernización y automatización de procesos en estas escuelas es evidente y urgente (Carballo Ruiz, 2021).

En El Salvador, las escuelas públicas son una parte esencial del sistema educativo, atendiendo a la mayoría de la población estudiantil del país. Sin embargo, estas instituciones a menudo operan con recursos limitados y enfrentan desafíos significativos que afectan su capacidad para ofrecer una educación de calidad. Las limitaciones presupuestarias, la falta de personal y la infraestructura inadecuada son algunos de los obstáculos comunes que enfrentan estas escuelas.

En este contexto, la integración de tecnologías de automatización puede jugar un papel crucial en la modernización de estas instituciones (Eguizábal, 2022).

El control del tiempo en el entorno escolar es fundamental para garantizar una adecuada distribución de las actividades académicas y extracurriculares. Un sistema de timbrado eficiente asegura que las clases comiencen y terminen puntualmente, lo que ayuda a maximizar el tiempo de instrucción y reduce las interrupciones. Además, un control del tiempo preciso es crucial para la disciplina y el orden dentro de la escuela, contribuyendo a un ambiente de aprendizaje más efectivo (Chávez, 2025).

El timbrado escolar tradicional es un proceso que, aunque sencillo, es vital para la organización diaria de cualquier institución educativa. Sin embargo, la dependencia de métodos manuales para la conmutación de timbres puede dar lugar a errores, retrasos y una gestión ineficiente del tiempo. Por ejemplo, un timbre que no suena a tiempo puede causar confusión entre los estudiantes y el personal, afectando el flujo de las clases y otras actividades escolares. Además, la tarea de manejar manualmente el timbre recae en el personal administrativo, que ya está sobrecargado con múltiples responsabilidades. El sistema de automatización propuesto en este artículo aborda estos desafíos mediante la implementación de una solución tecnológica moderna.

*La automatización es el uso de la tecnología para realizar tareas con poca o ninguna intervención humana. Puede implantarse en cualquier entorno o industria en la que se realicen tareas repetitivas* (Mariña, 2024).

Este artículo propone un sistema de automatización que controle automáticamente la conmutación del timbrado en las escuelas. Este sistema está basado en

componentes de última generación, eficientes y de bajo costo, lo que lo hace accesible para su implementación en escuelas de bajos recursos. El prototipo desarrollado incluye microcontroladores avanzados, sensores precisos y software personalizado que permite una programación flexible y adaptable a las necesidades específicas de cada institución educativa. La automatización del timbrado no solo busca mejorar la puntualidad y la eficiencia operativa, sino que también libera a los administradores escolares de la tarea manual de manejar los timbres, permitiéndoles centrarse en otras responsabilidades críticas.

El objetivo de este trabajo es brindar una herramienta tecnológica que contribuya a mejorar la eficiencia y la gestión del tiempo en las instituciones educativas beneficiadas. Al automatizar el timbrado, se espera reducir los errores humanos, minimizar las interrupciones y optimizar el uso del tiempo dentro del horario escolar.

Este proyecto, enmarcado en la Responsabilidad Social Empresarial de la Universidad Tecnológica de El Salvador (UTEC), demuestra cómo la tecnología puede ser utilizada para abordar problemas reales y contribuir al desarrollo sostenible de las comunidades. Con la implementación de este sistema, se espera no solo mejorar la operatividad de las escuelas, sino también inspirar futuras iniciativas tecnológicas que continúen mejorando el panorama educativo en El Salvador.

### ***Sistema de automatización de timbrado para centros escolares***

El desarrollo del prototipo electrónico para el sistema de timbrado automatizado en las escuelas públicas de El Salvador se llevó a cabo mediante un enfoque metódico y estructurado, asegurando que todas las etapas del proceso de diseño, desarrollo y prueba cumplieran con los requisitos especificados. A continuación, se detallan los procedimientos empleados en este proyecto, desde la definición de los requisitos hasta la implementación del sistema.

### *Requisitos del Sistema*

El principal requisito del sistema era activar y desactivar automáticamente la campana o timbre de la escuela en los horarios predefinidos por el currículo escolar. Este sistema debía ser configurable en términos de horarios a través de una aplicación móvil diseñada específicamente para este propósito. Para cumplir con este objetivo, se establecieron las siguientes especificaciones técnicas:

1. Automatización del timbrado: El sistema debía ser capaz de controlar la activación y desactivación del timbre escolar automáticamente, de acuerdo con un horario predefinido que pudiera ser modificado según las necesidades del currículo escolar.
2. Configuración vía aplicación móvil: Los horarios de activación y desactivación del timbre debían ser configurables a través de una aplicación móvil, permitiendo a los administradores escolares ajustar fácilmente los tiempos sin necesidad de intervenir directamente en el hardware del sistema.
3. Interfaz intuitiva y fácil de usar: La aplicación móvil debía ser intuitiva y fácil de usar, diseñada específicamente para el sistema operativo Android, dado que es el más popular entre los usuarios salvadoreños.

### *Diseño Electrónico*

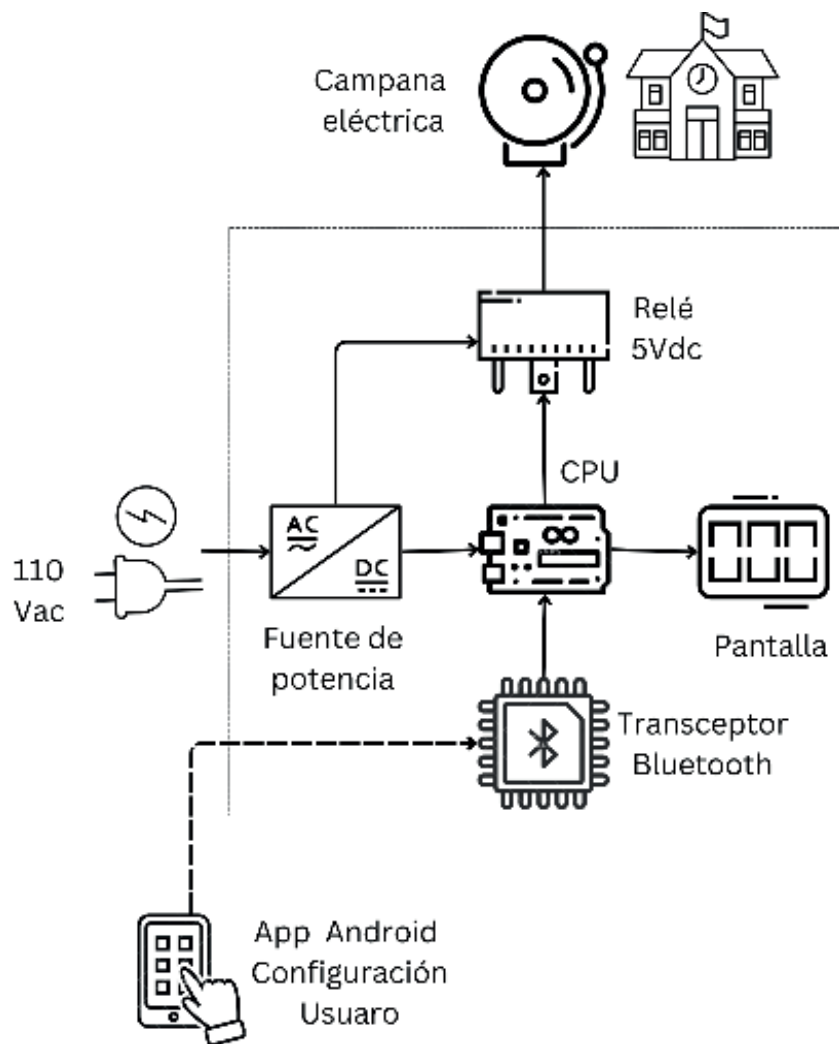
El diseño electrónico del sistema se basó en la integración de varios componentes clave, cada uno seleccionado por su capacidad para cumplir con los requisitos funcionales del proyecto. Los principales componentes utilizados fueron:

1. Microcontrolador Arduino UNO: Este fue el cerebro del sistema, encargado de recibir las instrucciones de la aplicación móvil, procesar la información y activar o desactivar el timbre según el horario predefinido. El Arduino UNO fue elegido por su robustez, versatilidad y facilidad de programación (Flores Cortez y Rosa Castellanos, 2016).
2. Transceptor Bluetooth HC06: Este módulo permitió la comunicación inalámbrica entre el microcontrolador Arduino UNO y la aplicación móvil. El HC06 fue seleccionado por su compatibilidad con el Arduino y su capacidad para establecer conexiones fiables y estables (Pocasangre et al., 2023).
3. Relé de Estado Sólido: Utilizado para controlar la corriente eléctrica que activa el timbre, el relé de estado sólido proporciona una solución segura y eficiente para manejar la conmutación de alta corriente necesaria para el timbre escolar.
4. Pantalla LCD: La inclusión de una pantalla LCD permitió mostrar información relevante sobre el estado del sistema, como la hora actual y los siguientes eventos programados, proporcionando una interfaz visual adicional para el usuario.
5. Adaptador de Energía a 110 Vac: Este componente fue necesario para convertir la energía de la red eléctrica a un nivel adecuado para alimentar el microcontrolador y otros componentes electrónicos del sistema.

En la figura 1 se presenta un diagrama de bloques que ilustra la estructura del diseño electrónico del sistema.

**Figura 1**

*Arquitectura diseñada para el sistema de automatización de timbrado para centros escolares*



*Nota: Diseño completo de la arquitectura propuesta para el sistema: los bloques funcionales que conforman el sistema de automatización. Fuente: Diseño propio.*

### *Desarrollo del Prototipo*

El desarrollo del prototipo siguió una metodología de ingeniería de sistemas bien definida, que incluía las siguientes etapas:

1. Selección de componentes: Se eligieron los componentes electrónicos específicos que cumplirían con los requisitos del sistema. Se

efectuaron pruebas iniciales para asegurar la compatibilidad y funcionalidad de cada componente.

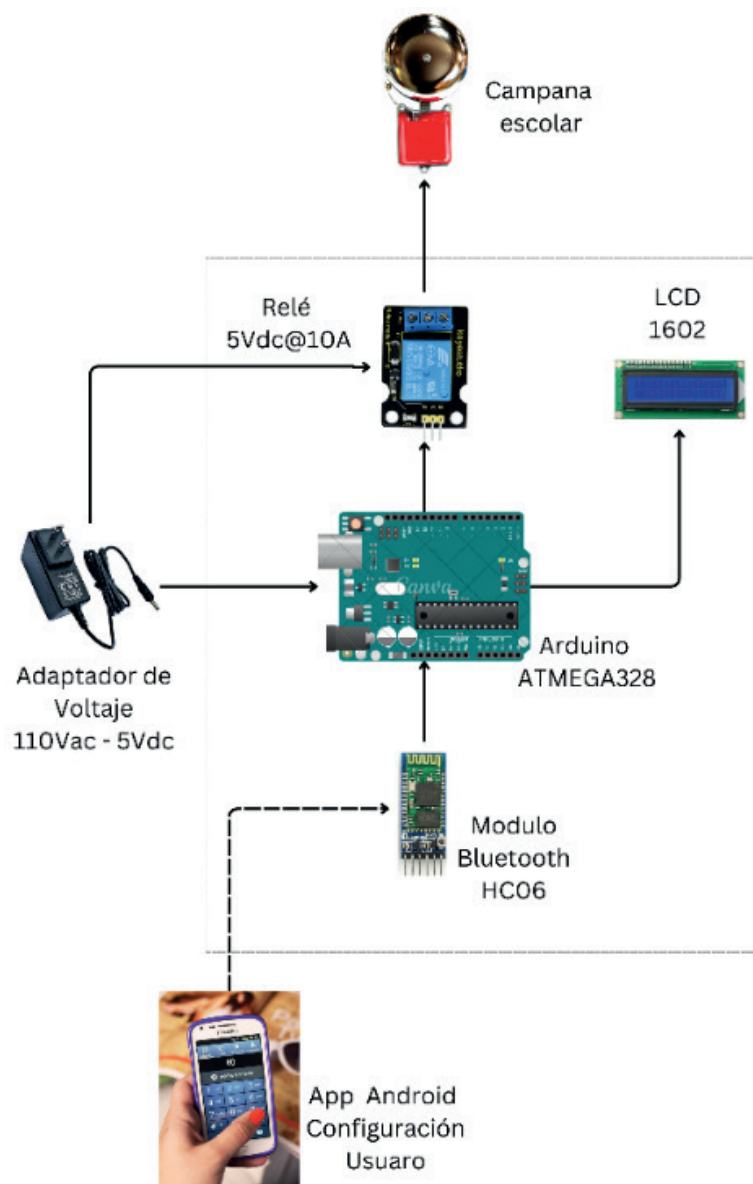
2. Montaje de Hardware: Se ensamblaron los componentes electrónicos según los diseños creados en la fase anterior. Esto incluyó la soldadura de componentes, la conexión de cables y la integración de módulos en una placa base en una carcasa plástica para su montaje empotrado en pared, ver figura 2.

3. Desarrollo de Software: Se programó el microcontrolador Arduino UNO utilizando el entorno de desarrollo de Arduino (IDE). El código se escribió en C/C++ y se centró en la lectura de señales del módulo Bluetooth, la gestión de horarios y el control del relé de estado sólido.

4. Pruebas Funcionales: Se evaluó el sistema en su totalidad para asegurar que cumpliera con todos los requisitos funcionales especificados. Esto incluyó pruebas de activación y desactivación automática del timbre según horarios programados y la capacidad de modificar estos horarios a través de la aplicación móvil.

**Figura 2**

*Esquema de componentes del sistema de automatización de timbrado propuesto*



*Nota: Detalles de los componentes de hardware seleccionados para la implementación del prototipo de sistema de automatización. Fuente: Diseño propio.*

### *Desarrollo de la Aplicación Móvil*

La aplicación móvil se desarrolló para el sistema operativo Android, utilizando la plataforma App Inventor, una herramienta de desarrollo visual que permite la creación de aplicaciones móviles mediante la programación por bloques. El proceso de desarrollo de la aplicación incluyó las siguientes etapas:

1. **Diseño de pantallas:** Se diseñaron las pantallas principales de la aplicación, incluyendo la pantalla de inicio, la pantalla de configuración de horarios y la pantalla de estado del sistema. Interfaz Intuitiva: Se priorizó la creación de una interfaz intuitiva y fácil de usar, asegurando que los usuarios pudieran navegar y configurar el sistema sin dificultades.
2. **Conexión Bluetooth:** Se implementaron las funciones necesarias para establecer y mantener una conexión Bluetooth entre el dispositivo móvil y el módulo HC06 conectado al Arduino UNO.
3. **Gestión de horarios:** Se desarrolló la lógica para permitir a los usuarios establecer y modificar los horarios de activación y desactivación del timbre. Estos horarios se enviaban al microcontrolador a través de la conexión Bluetooth.
4. **Interacción con el usuario:** Se añadieron características para mostrar mensajes de confirmación y errores, asegurando que los usuarios recibieran retroalimentación clara sobre las acciones realizadas.
5. **Pruebas de usabilidad y conectividad:** Se hicieron pruebas de usabilidad con un grupo de usuarios para asegurar que la aplicación fuera fácil de usar y comprendiera las funcionalidades necesarias. Además, se evaluó la estabilidad y fiabilidad de la conexión Bluetooth entre la aplicación y el sistema de timbrado, realizando múltiples pruebas en diferentes entornos.

### *Resultados*

El sistema: El proyecto se implementó durante los años 2014 y 2018 y dio como resultado el

diseño, construcción y entrega de 14 sistemas de automatización de timbrado implementados en diferentes centros escolares.

Los sistemas de automatización se configuraron según las necesidades de horarios de cada centro escolar, además se proporcionó la aplicación móvil al director para realizar modificaciones en los horarios según necesidades de las actividades del año escolar.

Además, los alumnos participantes en el proyecto han recibido una formación, tanto en habilidades como en valores, que les servirá como un paso más en su formación y compromiso social en sus futuras carreras profesionales. Cabe destacar que todo el trabajo realizado por el equipo de la UTEC ha sido en forma de voluntariado, coordinado por la Facultad de Ciencias Aplicadas junto con el Departamento de Proyección Social de la Universidad.

### *Discusión y Conclusiones*

La implementación del sistema de timbrado automatizado se realizó en 14 centros escolares del sistema educativo salvadoreño y ha demostrado ser un proyecto exitoso y con un impacto significativo en la gestión del tiempo y la organización escolar. El proyecto se centró en la implementación del sistema en centros escolares de nivel primario hasta bachillerato, con un énfasis especial en aquellos ubicados en zonas rurales de las regiones central y paracentral de El Salvador. Esta decisión permitió abordar las necesidades de las escuelas con menos recursos y con mayores desafíos logísticos, brindando una solución tecnológica que mejora significativamente su operatividad diaria.

Una de las fortalezas clave del sistema implementado es su bajo costo y su diseño flexible, lo que permitió su adaptación a diferentes escenarios de implementación encontrados en los centros escolares. Gracias al uso de componentes de acceso libre y fuente abierta, como el microcontrolador Arduino UNO y la plataforma



App Inventor, fue posible desarrollar un prototipo eficiente y económico. Esta flexibilidad no solo facilitó la instalación en diferentes tipos de infraestructuras escolares, sino que también permitió ajustes específicos según las necesidades particulares de cada escuela.

Además de los beneficios operativos, el proyecto tuvo un impacto educativo notable. Los estudiantes involucrados en el desarrollo y la implementación del sistema pudieron poner en práctica sus habilidades técnicas en diseño electrónico, codificación y ensamblaje eléctrico. Esta experiencia práctica les brindó una valiosa oportunidad de aplicar sus conocimientos en un contexto real, resolviendo un problema tangible y contribuyendo positivamente a su comunidad.

El sistema de timbrado automatizado propuesto se convierte en una herramienta que busca apoyar la puntualidad y la eficiencia en la gestión del tiempo dentro de las escuelas, reduciendo la dependencia de métodos manuales y minimizando los errores humanos. La facilidad de configuración a través de una aplicación móvil también permitió a los administradores escolares ajustar los horarios de timbrado de manera sencilla y rápida, optimizando la organización de las clases y otras actividades escolares.

Aunque el proyecto fue exitoso, se encontraron algunos desafíos durante la implementación. La variabilidad en las infraestructuras de las escuelas requirió ajustes específicos en el diseño y la instalación del sistema en cada caso. Además, la capacitación del personal escolar para el uso y

mantenimiento del sistema fue crucial para asegurar su funcionamiento continuo y eficiente.

La implementación del sistema de timbrado automatizado en 14 centros escolares en El Salvador ha demostrado ser una iniciativa efectiva y de gran impacto. El sistema, basado en componentes de bajo costo y de acceso libre, como Arduino y App Inventor, ha mostrado ser una solución económica y eficiente para la automatización del timbrado escolar. El diseño flexible del sistema permitió su adaptación a diferentes escenarios escolares, demostrando su capacidad para ser implementado en diversas infraestructuras y contextos.

La participación de estudiantes en el desarrollo del sistema no solo les permitió aplicar sus habilidades técnicas, sino que también fomentó un sentido de contribución social y resolución de problemas reales. La automatización del timbrado ha mejorado significativamente la puntualidad y la organización dentro de las escuelas, contribuyendo a un ambiente de aprendizaje más eficiente. La capacitación adecuada del personal escolar es esencial para asegurar el funcionamiento continuo del sistema y maximizar sus beneficios a largo plazo.

Como parte del trabajo futuro, se planea la incorporación de más funciones al sistema, como la configuración remota vía IoT y la automatización de más procesos dentro del quehacer escolar. Estas mejoras no solo incrementarán la funcionalidad del sistema, sino que también permitirán una gestión escolar aún más integrada y eficiente.



**Figura 3**  
*Prototipos del sistema de timbrado automatizado*



*Nota: Diferentes implementaciones del sistema electrónico de control del timbrado. Fuente: Diseño propio.*

**Figura 4**  
*Pantalla principal de la Aplicación móvil Android desarrollada*



*Nota: Captura de pantalla principal de la aplicación móvil que permite configurar los horarios del sistema de timbrado automatizado. Fuente: Diseño propio.*

**Figura 5**

*Instalaciones del sistema desarrollado*



*Nota: Proceso de instalación del sistema de timbrado automatizado en diferentes centros escolares intervenidos.*  
Fuente: Diseño propio.

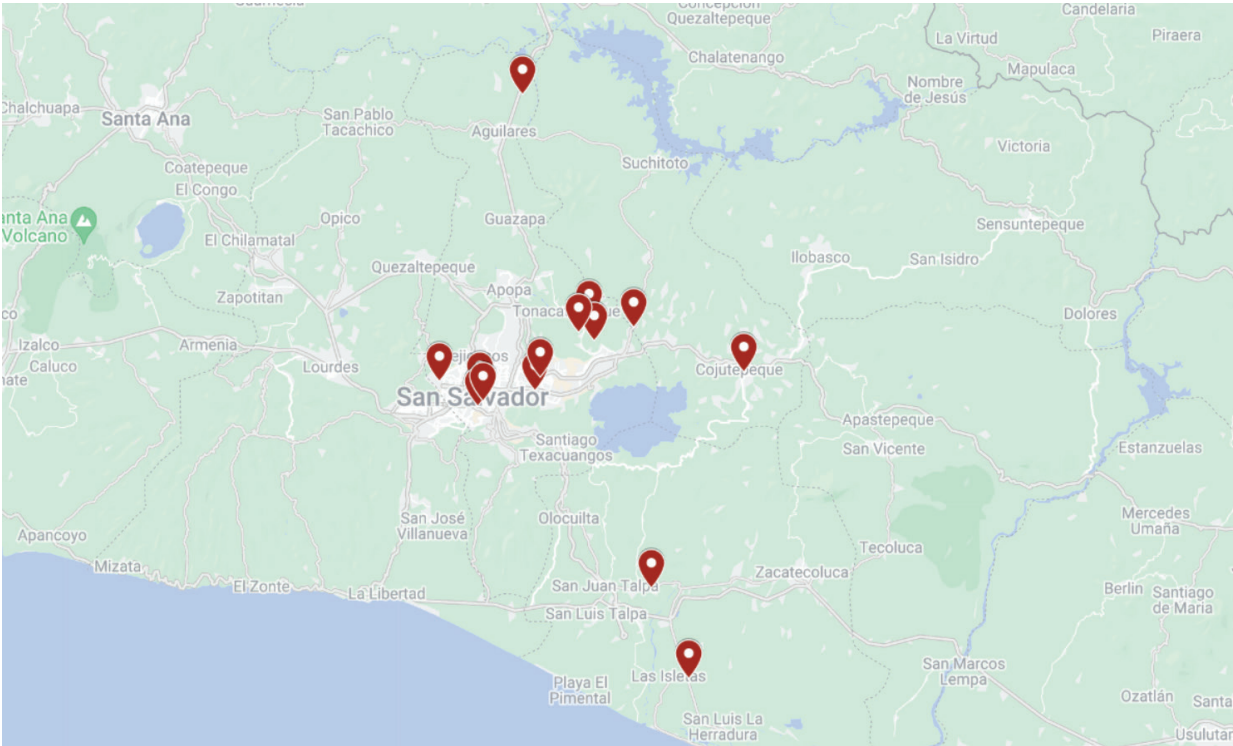


**Figura 6**  
*Algunos estudiantes participantes en el proyecto*



*Nota: Equipos de docentes y estudiantes que participaron en el proyecto.*

**Figura 7**  
*Mapa de centros escolares beneficiados*



*Nota: Mapa con las ubicaciones de los centros escolares beneficiados con el sistema.*  
Fuente: Diseño propio.

**Tabla 1**  
*Listado de centros escolares beneficiados*

No	Centro educativo beneficiado	Ubicación
1	Centro Escolar de San Bartolomé Perulapía	San Bartolomé Perulapía, Cuscatlán
2	Centro Escolar Caserío La Divina Providencia	La Tekera, La Paz
3	Complejo Educativo Capitán General Gerardo Barrios	4.a Calle Poniente, San Salvador
4	Centro Escolar Caserío Comunidad Fe	Cantón San Diego, Aguilares
5	Centro Escolar Fabio Ignacio Magaña	El Rosario, La Paz
6	Centro Escolar General Ramón Belloso	Colonia Montserrat, San Salvador
7	Colegio San Pablo	Colonia Escalón, San Salvador
8	Colegio Johan Kepler	Colonia Santa María, Soyapango
9	Centro Escolar Caserío Los Parada	Tonacatepeque, San Salvador
10	Centro Escolar Caserío Los Anzora	Caserío Los Anzora, Ilopango

11	Complejo Educativo “República de Corea”	Prados de Venecia, Soyapango
12	Centro Escolar Poeta Eugenio Martínez Orantes	Tonacatepeque, San Salvador
13	Colegio León Sigüenza	Cojutepeque, Cuscatlán
14	Centro Escolar República de Honduras	Colonia IVU, San Salvador

*Nota: Detalle de los centros escolares donde se instaló el sistema de timbrado automatizado*  
*Fuente: Diseño propio.*

## Figura 8

*Publicación en prensa sobre el proyecto.*



*Nota: Recorte de La Prensa Gráfica sobre el sistema de timbrado automatizado.*  
*Fuente: Diseño propio.*



## Referencias

- Chávez, J. A. (octubre-enero, 2025). Análisis de factores asociados al rendimiento académico de estudiantes de ciencias de la computación. *Revista Torreon Universitario*, (38), 79-99. <https://doi.org/10.5377/rtu.v1i1.19045>
- Eguizábal, F. A. (enero-junio, 2022). La escuela transformadora que queremos en El Salvador. *Ciencia, Cultura y Sociedad*, 7(2), 93-108. <https://doi.org/10.5377/ccs.v7i2.14497>
- Flores Cortez, O. O. y Rosa Castellanos, G. A. (2016). Internet de las cosas: Diseño e implementación de prototipo electrónico para el monitoreo vía internet de sistema de generación fotovoltaico. Universidad Tecnológica de El Salvador.
- Mariña, E. (noviembre, 2024). Algunas consideraciones éticas sobre el periodismo automatizado. *PerDebate*. 8, 34-51. <https://doi.org/10.18272/pd.v8i1.3286>
- Pocasangre, C. O., Flores-Cortez, O. O., Arévalo, F., Arriaza, C., Aguilar, O. y Miranda, B. (2023). An IoT Mobile System for CO<sub>2</sub> Monitoring in Volcanic Soil using the LI-830 Sensor and an Android App. 2023 IEEE International Conference on Networking, Sensing and Control (ICNSC). 1-6. Marsella: IEEE. <https://doi.org/10.1109/ICNSC58704.2023.10318977>
- Carballo Ruiz, E. A. (2021). Acercándose a una política educativa digital en El Salvador. *Revista Diálogo Interdisciplinario sobre Educacion*, 3(2), 53-63. <https://orcid.org/0000-0002-5208-2744>
- Sunkel, G. (2006). Las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) . Cepal.