

Autoridades Utec

Lic. José Mauricio Loucel Funes
Presidente

Dr. Carlos Reynaldo López Nuila
Vicepresidente

Dr. Nelson Zárate
Rector Utec

Dra. Noris Isabel López Guevara
Vicerrectora de Investigación y Proyección Social

Dra. Camila Calles Minero
Directora de Investigaciones

OTRAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN

- Cultura y lenguaje
- Migración internacional
- Educación
- Salud mental
- Turismo

INVESTIGACIÓN EN BREVE

Es una colección de fascículos que resumen los resultados de las investigaciones realizadas por la Vicerrectoría de Investigación y Proyección Social.

No hay enseñanza sin investigación ni investigación sin enseñanza
Pablo Freire

**Transforma
tu realidad.**
Viví la experiencia **UTEC**



www.utec.edu.sv

Centro de llamadas: 2275-8888
Maestrías: 2275-2700



IndicaRSE²
ORGANIZACIÓN
AUTOEVALUADA



Comisión de
Acreditación

VICERRECTORÍA DE INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN SOCIAL

Calle Arce y 19ª avenida Sur n.º 1045, edificio Dr. José Adolfo Araujo Romagoza.
San Salvador, El Salvador, (503) 2275-1013 / 2275-1011

n.º 49

JUNIO 2025

INVESTIGACIÓN EN BREVE

Vicerrectoría de Investigación
y Proyección Social

Diseño e implementación
de un sistema *smart city*
para el mapeo de la contaminación
acústica en zonas urbanas

Universidad Tecnológica de El Salvador
Omar Otoniel Flores Cortez
Dirección de Investigaciones – UTEC
omar.flores@utec.edu.sv
<https://orcid.org/0000-0003-1754-4090>

**Universidad Tecnológica
de El Salvador**



**Universidad Tecnológica
de El Salvador**



Diseño e implementación de un sistema *smart city* para el mapeo de la contaminación acústica en zonas urbanas

Resumen

La contaminación acústica es un problema ambiental común en zonas urbanas, afectando la calidad de vida y representa un desafío creciente para el bienestar de la población. Este trabajo presenta el desarrollo de un sistema *Smart City* portátil basado en Internet de las cosas (M-IoT) para monitoreo y mapeo de ruido urbano. El sistema incluye una estación portátil que recolecta datos georreferenciados en tiempo real y los transmite a una plataforma en línea para análisis y creación de mapas informativos. Diseñado para organizaciones públicas instituciones gubernamentales y empresas privadas, promueve entornos urbanos más saludables mediante el uso de tecnología accesible y adaptable.

Introducción

La gestión eficaz de la contaminación acústica es uno de los principales retos de las ciudades modernas, ya que afecta significativamente el bienestar de las personas. En las zonas urbanas, el ruido ambiental generado por el tráfico vehicular, las industrias y las construcciones se ha convertido en una preocupación importante debido a sus efectos negativos en la salud humana, el comportamiento y la calidad de vida. Diversos estudios han demostrado que la exposición prolongada a niveles elevados de ruido puede provocar pérdida auditiva, estrés, alteraciones del sueño e incluso enfermedades cardiovasculares, subrayando la importancia de su control y gestión. En países en desarrollo, la implementación de sistemas avanzados de monitoreo ambiental enfrenta barreras económicas y tecnológicas. Por ello, se requieren soluciones accesibles y adaptables que permitan una supervisión eficaz.

Este trabajo propone un sistema Smart City portátil basado en IoT para monitoreo y mapeo de contaminación acústica. El sistema utiliza una metodología de bajo costo, con un enfoque móvil, en tiempo real y basado en datos para evaluar y georreferenciar niveles de ruido. Diseñado tanto para organizaciones gubernamentales como privadas, el sistema busca fomentar entornos urbanos más saludables. Su diseño innovador representa una contribución significativa, debido a que no existen estudios ni metodologías previas sobre la contaminación acústica en la región.

Metodología

El sistema tiene como objetivo principal recolectar, monitorear y mapear los niveles de contaminación acústica en áreas geográficas específicas. Consta de dos bloques principales:

1. Un nodo M-IoT portátil, equipado con sensores y tres componentes clave: un controlador digital programable, un receptor GPS para georreferenciación y un transceptor GSM para la transmisión de datos en tiempo real.
2. Una plataforma en línea que almacena y procesa los datos recolectados, permitiendo la visualización mediante tableros de control y mapas de calor GIS.

El nodo M-IoT registra datos de contaminación acústica en unidades de decibeles (dB SPL) junto con las coordenadas geográficas (latitud y longitud) de cada medición. La CPU del nodo lee los datos del sensor de presión sonora a través de una interfaz digital (I2C), mientras que el receptor GPS proporciona datos de geolocalización en formato serie.

El microcontrolador ESP32 fue seleccionado por su potencia de procesamiento (32 bits a 240 MHz), 520 KB de RAM y puertos E/S versátiles. La placa de desarrollo T-SIM7000G de LilyGo integra el ESP32, un transceptor GSM SIM7000, un receptor GPS, un regulador de voltaje para baterías recargables Li-ion 18650 y un circuito USB para programación.

Como sensor, se eligió el ICS-43434 con salida digital I2C, ideal por su precisión en la detección de presión sonora y su salida digital serie. Para la plataforma IoT, se utilizó ThingsBoard por su bajo costo y capacidad para la integración académica. La visualización y generación de mapas de calor se realizaron en QGIS, destacando la interoperabilidad y funcionalidad del sistema.

Resultados

El resultado principal de este trabajo es un sistema de monitoreo remoto compuesto por una estación móvil IoT que recolecta automáticamente datos georreferenciados de contaminación acústica (dB), como se muestra en la Figura 3. Adicionalmente, se desarrolló una plataforma web para el monitoreo y mapeo de datos en tiempo real.

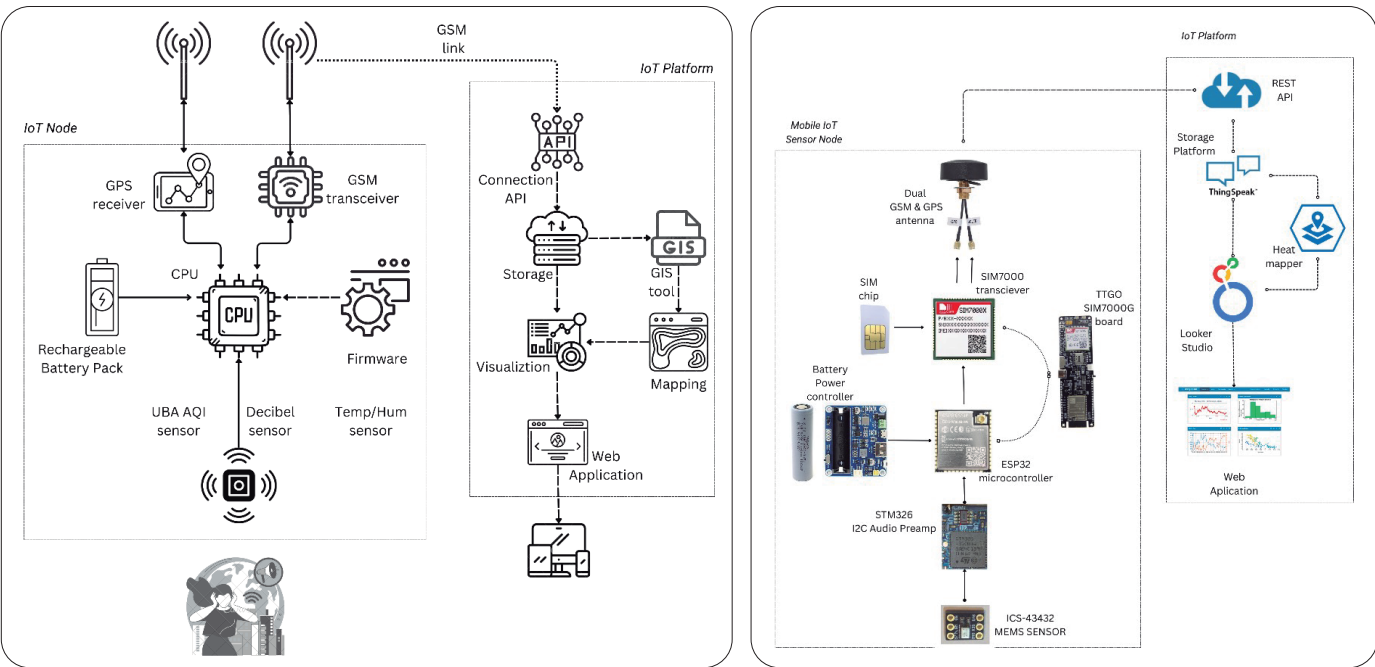
El sistema fue probado en el área del Centro Histórico de San Salvador durante cinco días, utilizando rutas peatonales para recolectar datos. Los resultados mostraron que los niveles de ruido en la mañana y el mediodía se mantuvieron dentro de límites aceptables (<60 dB, ver Figura 4). Sin embargo, en la tarde aumentaron considerablemente, alcanzando entre 70 y 90 dB, con picos críticos de hasta 110 dB en zonas específicas. Estos resultados evidencian una fuerte relación entre los altos niveles de ruido y áreas con tráfico vehicular intenso y alta actividad peatonal.

Conclusiones

En este trabajo se diseñó, construyó e implementó un sistema *Smart City* portátil basado en IoT para el monitoreo y mapeo en tiempo real de la contaminación acústica urbana. Al integrar sensores MEMS, georreferenciación GPS, conectividad GSM y visualización basada en SIG, el sistema proporciona una solución escalable y rentable para ciudades con recursos limitados. Las pruebas de campo en el Centro Histórico de San Salvador confirmaron su confiabilidad, con una recopilación y transmisión de datos efectiva y eficiencia energética.

Su portabilidad e integración con SIG lo hacen adecuado para entornos urbanos dinámicos, especialmente en regiones en desarrollo. La capacidad de visualizar datos de ruido en tiempo real a través de mapas de calor basados en SIG ofrece información valiosa para las autoridades locales, lo que permite una toma de decisiones informada para la gestión del ruido.

Para futuras investigaciones, se recomienda probar el sistema en diversas condiciones climáticas y ampliar la cobertura geográfica para obtener datos comparativos.

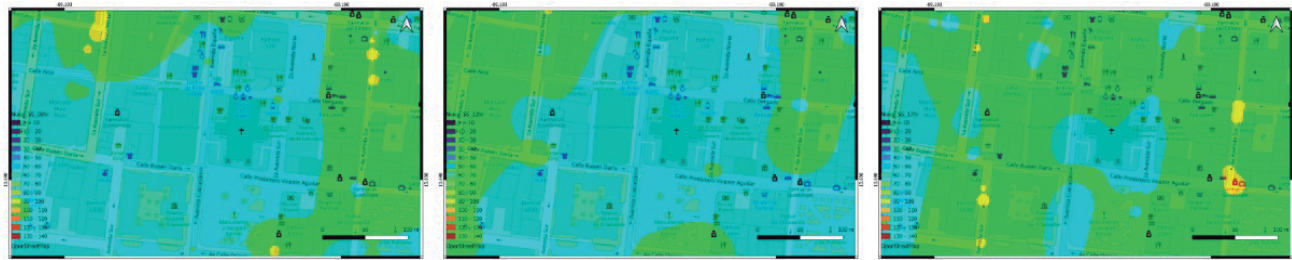


1. Arquitectura funcional del sistema diseñado

2. Arquitectura operativa del sistema diseñado



3. Estación IoT desarrollada



4. Mapas de distribución de contaminación acústica desarrollados a partir de los datos recolectados con el sistema propuesto, Centro Histórico de San Salvador: 8 a. m., 12 p. m. y 5 p. m.



5. Mapas de distribución de contaminación acústica desarrollados a partir de los datos recolectados con el sistema propuesto, Campus UTEC: 8 a. m., 12 p. m. y 5 p. m.