

# Plataforma para la medición de calidad del aire basado en IoT para sistemas de transporte urbano.

**Air quality measurement platform based on IoT for urban transport system.**

Autor<sup>1</sup> **CORTES, Jose Luis**

Autor<sup>2</sup> **RAMIREZ, Gustavo**

## Resumen

El impacto de la calidad del aire en la salud y la comodidad de las personas es un tema de interés para ingenieros e investigadores alrededor del mundo, una de las poblaciones más vulnerables son las personas que pasan un numero considerables de horas expuestas a contaminantes en el aire, especialmente los ancianos y niños. Este documento presenta el desarrollo de un sistema de medición de calidad de aire a nivel del suelo de bajo costo, basado en IoT para su uso en vehículos de transporte privado de pasajeros que se desplacen en zonas urbanas, este gadget vehicular posee la capacidad de medir Co, Co<sub>2</sub>, PM<sub>2.5</sub> temperatura ambiente, humedad relativa, y notificar por medio de luz intermitente cuando se está atravesando por zonas con niveles de contaminación en el aire por encima de los parametros establecidos.

## Palabras clave

IoT, Calidad del Aire, Android, Bluetooth Low Energy, Middleware.

## Abstract

The impact of air quality on people's health and comfort is a topic of interest to engineers and researchers around the world. One of the most vulnerable populations are people who spend a considerable number of hours exposed to air pollutants, especially the elderly and children. This document presents the development of a low-cost, IoT-based, ground level air quality measurement system for use in private passenger transport vehicles moving in urban areas. This vehicle gadget has the ability to measure Co, Co<sub>2</sub>, PM<sub>2.5</sub> ambient temperature, relative humidity, and notify by flashing light when it is passing through areas with air pollution levels above established parameters.

## key words

IoT, Air quality, Android, Bluetooth Low Energy, Middleware.

---

<sup>1</sup> Estudiante. Universidad del Cauca. [joseluis cortes@unicauca.edu.co](mailto:joseluis cortes@unicauca.edu.co)

<sup>2</sup> Docente. Universidad del Cauca. [gramirez@unicauca.edu.co](mailto:gramirez@unicauca.edu.co)

---

## **1. Introducción**

La calidad del aire de las ciudades se está convirtiendo en una gran preocupación para las personas que las habitan y sus responsables políticos. Recientemente algunos países de la Unión Europea y América del Norte han incrementado sus esfuerzos con el fin de reducir las emisiones de varios contaminantes atmosféricos (Air, 2018) como el monóxido de carbono (CO), el dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>), el material particulado (PM) y algunos otros compuestos orgánicos que se consideran como una grave amenaza para la salud pública.

En los últimos años el crecimiento demográfico de las ciudades, a generado un aumento del parque automotor, transportes públicos y privados que busca satisfacer las necesidades de movilidad dentro de las ciudades. Con la llegada de nuevos vehículos a las vías, el incremento de contaminantes en el aire y la disminución de la movilidad es un problema que afecta a las grandes urbes alrededor del mundo. Según estudios de movilidad vehicular (INRIX, 2018) algunas de las ciudades que presentan el mayor índice en problemas de congestión vehicular y en donde las personas pierden mayor tiempo detenidos en el tráfico son Bogotá, Moscú, Estambul, y ciudad de México. En relación con el tiempo que los vehículos se encuentran detenidos en el tráfico un estudio realizado por (P. Kumar, 2016) comprobó que los contaminantes al interior de un vehículo aumentan hasta un 40 por ciento, cuando se encuentra en un atasco o cuando el semáforo está en rojo.

Aunque la mayoría de las ciudades actualmente cuentan con sistemas de análisis de calidad de aire automáticos, de gran precisión, su complejidad y elevados costos hacen imposible una instalación a gran escala. Por lo cual estos sistemas son instalados solo en lugares de vigilancia determinados y fijos, lo que dificulta la recolección de datos que permitan predecir la situación general de la contaminación en las vías a nivel del suelo. Para superar los defectos del sistema de vigilancia y los métodos de detección tradicionales y reducir el costo de las pruebas, en este documento se propone un método que combina la tecnología de la IoT para el monitoreo del medio ambiente, que junto con los equipos de monitoreo tradicional formarán una red de sensores que proporcione apoyo de datos para futuras predicciones.

De acuerdo con la arquitectura de IoT, el sistema se compone principalmente de 3 capas, capa de percepción, capa de red y capa de aplicación. La arquitectura integral del sistema se muestra en la figura 1.

### **1.1. Capa de percepción.**

La capa de percepción incluye principalmente el módulo en donde se ubican los sensores de medición y que se encuentran en contacto directo con el aire circundante del punto de medición. En el sistema se realizó con un presupuesto aproximado de 100.000 pesos Colombiano y permite la medición de variables como el monóxido de Carbono Co, dióxido

de Carbono Co2, material particulado PM2.5 , temperatura ambiente y humedad relativa, con un consumo promedio aproximado de 60 mA.

De acuerdo con las metodología propuesta, el sistema estara montado en vehiculos de transporte colectivo que recorren rutas específicas de la ciudad. El esquema de monitoreo se optimiza teniendo en cuenta la influencia del clima de la región y la posición de la ubicación del sistema de percepción. En (Cortes, 2020) se puede encontrar el repositorio con toda la documentación técnica, hardware utilizado y software desarrollado para este proyecto.

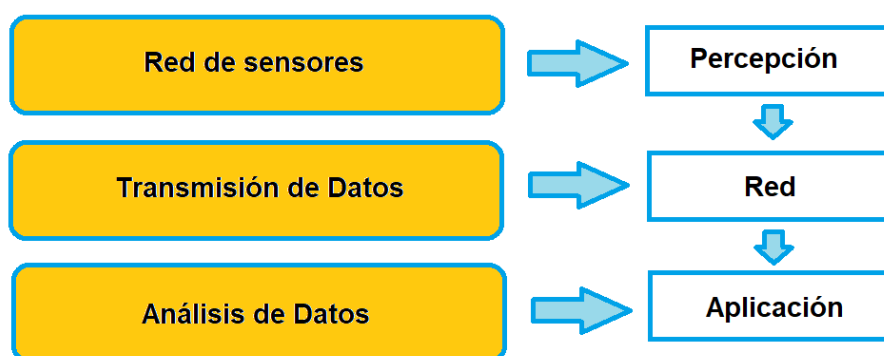


Figure 1. Arquitectura del sistema.

## 1.2. Capa de red

La capa de red permite transmitir los datos ambientales de la calidad de aire percibidos por los sensores, a un servidor central que unifica la información y despliegan los datos en tiempo real. El sistema de red está constituido por una comunicación RF entre el módulo de sensores y el módulo de alerta, utilizan el protocolos de comunicación SPI. El módulo de alerta evalúa los datos y los compara con parámetros establecidos, si los niveles de contaminantes en el aire son elevados el módulo de alerta genera una señal de luz intermitente, este módulo se comunica con el SmartPhone por medio de una comunicación Bluetooth Low Energy BLE y las capas de su pila de protocolos. EL Controller que es el dispositivo físico que permite transmitir y recibir señales de radio e interpretarlas como paquetes con información y el Host es el software que administra la comunicación entre dos o más dispositivos (Akhayad A, 2016). En la Figura 2 se aprecia las capas de la pila del protocolo para Bluetooth Low Energy.

Estos datos son enviados al servidor por medio de la red móvil disponible en el smartPhone, este proceso implementa una estructura de datos JSON , en este caso se hace uso de MiddleWare UBIDOTS que presta servicios en la nube que permiten almacenar datos y visualizarlos en tiempo real a través de su sitio web. El sistema de transmisión está basado en una arquitectura orientada a los servicios.

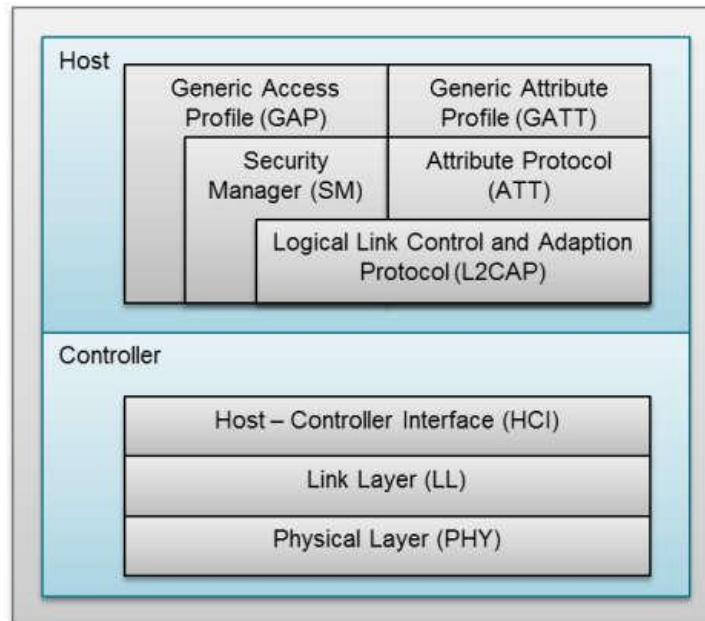


Figure 2. Pila de protocolos para BLE. Fuente (Smartlighting, 2019)

### 1.3. Capa de aplicación

La capa de aplicación está destinada al procesamiento y análisis de los datos recolectados, datos de contaminantes en el aire, posición, humedad, temperatura entre otras condiciones meteorológicas se evalúan para predecir con menor error el comportamiento de estas variables en el futuro. La plataforma Ubidots permite la introducción de tecnologías de análisis de datos

## 2. Metodología

El sistema de monitoreo de la calidad del aire basado en sensores MQ y DSM, permite la medición de contaminantes ambiental, posee una buena precisión y un bajo costo. Las variables que se pretenden medir son el monóxido de carbono CO, dióxido de carbono CO<sub>2</sub>, material particulado PM<sub>2.5</sub>, humedad relativa y temperatura ambiente. Este módulo está compuesto por sensores MQ07, MQ135, DSM501, DTH22, arduino nano y sistema de comunicación RF, está diseñado para ser ubicado en la parte exterior de los vehículos, en donde los sensores tengan contacto directo con el aire circundante.

El lugar seleccionado para realizar las mediciones es la ciudad de Popayán – Colombia, la cual es una ciudad intermedia con un área de 483.11 Km<sup>2</sup>, en los últimos censos del departamento administrativo nacional de estadísticas DANE se estima que posee una población provisional de 325.477 habitantes (Estadística, 2018), cuenta con un promedio de 60.000 vehículos en circulación entre automóviles y motocicletas.

El procedimiento establecido para la recolección de los datos consiste en el montaje del sistema de monitoreo en un vehículo de transporte público colectivo, que se encuentre en

---

constante circulación alrededor de la ciudad y que esté en funcionamiento un mínimo de 15 horas al día. La recolección de los datos se realizará en un periodo 30 días. Los datos serán comparados con los registros oficiales generados por las autoridades ambientales de la ciudad.

---

### 3. Conclusiones

Este trabajo presentó un sistema modular para el monitoreo de la calidad del aire en sistemas de transporte urbano, compuesto por una serie de red de sensores inalámbricos, puertas de enlace smartphone y sistema de servicios IoT en la nube. El sistema permite la monitorización de dos tipos de gases; monóxido de carbono y dióxido de carbono, además medición de material particulado PM2.5, temperatura ambiente y humedad relativa. Debido a que el sensor está ubicado en una plataforma en movimiento, genera su ubicación por GPS de los diferentes ubicaciones recorrida.

La fiabilidad de los sistemas de comunicación tiene sus limitantes por lo cual se implementó una base de datos en el smartphone, que almacena la información localmente en caso de fallo por desconexión de Internet.

La modularidad del sistema permite la escalabilidad y, por lo tanto, el sistema puede integrar un gran número de nodos, lo que permite una adaptación a diversas aplicaciones.

---

### Referencias bibliográficas

- Air, O. N. (2018). The U.S. Environmental Protection Agency (EPA). *Annual Air Trends Report, 2017*.
- Akhayad A, G. J. (2016). Bluetooth 4.0 Low Energy: Análisis de las prestaciones.
- Cortes, J. (02 de 2020). *Repositorio GitHub*. Obtenido de <https://github.com/jos3cort3s/ProyectoUbicuas2020Final>
- Estadística, D. A. (2018). Censo nacional de población y vivienda 2018. *Censo Nacional*.
- INRIX. (2018). Global Traffic Scorecard.
- P. Kumar, A. G. (2016). Concentration dynamics of coarse and fine particulate matter at and around signalised traffic intersections. *Universidad de Surrey, en Reino Unido*.
- Smartlighting. (Mayo de 2019). *Bluetooth Low Energy – Introducción a la tecnología*. Obtenido de <https://smart-lighting.es/bluetooth-low-energy-introduccion-la-tecnologia/>