



UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA
T U N J A



ingenio Magno

8
No. 1



ISSN (versión impresa)

2145-9282

ISSN (en línea)

2422-2399

Enero-junio de 2017, vol. 8, no. 1

Universidad Santo Tomás

Tunja, Boyacá

Publicación semestral

Hecho el depósito que establece la ley

© Derechos reservados

Universidad Santo Tomás

Suscripción y canje

Unidad de Investigación

Cll. 19 No. 11-64

Universidad Santo Tomás, Tunja-Colombia

PBX: 744 0494

Línea gratuita: 018000 932340

desde cualquier lugar del país

<http://revistas.ustatunja.edu.co/index.php/ingeniomagno>

Los conceptos expresados en los artículos son de exclusiva responsabilidad de sus autores y no comprometen a la Institución o a la publicación.

División de Arquitectura e Ingenierías

INGENIO MAGNO	Tunja Colombia	Vol. 8 No. 1	pp. 1-172	Enero- junio	2017
---------------	-------------------	-----------------	-----------	-----------------	------



UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA
T U N J A



Directivos

P. Jorge Ferdinando RODRÍGUEZ RUIZ, O.P.
Rector

P. José Antonio BALAGUERA CEPEDA, O.P.
Vicerrector Administrativo-Financiero

P. Javier Antonio CASTELLANOS, O.P.
Vicerrector Académico

P. Samuel Elías FORERO BUITRAGO, O.P.
Decano de División de Ingeniería y Arquitectura

Jimena BOHÓRQUEZ HERRERA, Ph.D.
Directora Unidad de Investigaciones

Édgar Andrés GUTIÉRREZ CÁCERES, Esp.
Director Centro de Investigaciones en Ingeniería
San Alberto Magno - (CIAM)

Editor

Fredy Andrés Aponte Novoa, M.Sc.
Centro de Investigación en Ingeniería Alberto Magno
(CIAM)
ingeniomagno@ustatunja.edu.co

Equipo Editorial

Edwin Blasnilo Rúa Ramírez, M.Sc.
Coeditor Universidad Santo Tomás, Tunja, Colombia
edwin.rua@usantoto.edu.co

José Ricardo Casallas Gutiérrez, M.Sc.
Coeditor Universidad Santo Tomás, Tunja, Colombia
jose.casallas@usantoto.edu.co

John Fredy Guzmán Vargas
Profesional en Filosofía y Letras
Corrector de estilo, redactor
fredyguzmanvargas@gmail.com

Albany Milena Lozano Násner, M.Sc.
Traducción español-portugués
mlnasner@gmail.com

Departamento de Idiomas
Traducción español-inglés
Universidad Santo Tomás, Tunja, Colombia
coordinacion.idiomas@ustatunja.edu.co

David Enrique González Camargo
Administrador OJS
Universidad Santo Tomás, Tunja, Colombia
ing.investigacion@ustatunja.edu.co

Comité Científico

Antonio Moreira Teixeira, Ph.D.
Universidad de Aberta (Lisboa, Portugal)
antonio.teixeira@uab.pt

Electo Eduardo Silva Lora, Ph.D.
Univerdidad Federal de Itajubá (Itajubá M.G., Brasil)
electo@unifei.edu.br

María Julia Mazzarino, Ph.D.
Universidad de Buenos Aires (Buenos Aires, Argentina)
mmazzari@crub.uncoma.edu.ar

Antonio Rico Sulayes, Ph.D.
Universidad de las Américas Puebla (Puebla, México)
antonio.rico@udlap.mx

Carlos Enrique Montenegro Marín, Ph.D.
Universidad Distrital Francisco José de Caldas (Bogotá
D.C., Colombia)
cemontenegrom@udistrital.edu.co

César Darío Guerrero Santander, Ph.D.
Universidad Autónoma de Bucaramanga (Bucaramanga
- Santander, Colombia)
cguerrer@unab.edu.co

Comité Editorial de la Revista

Antonio José Bula Silvera, Ph.D.
Universidad Católica del Norte (Barranquilla - Atlántico,
Colombia)
abula@uinorte.edu.co


Wilson Javier Pérez Holguín, Ph.D.
Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia
(Tunja - Boyacá, Colombia)
wilson.perez@uptc.edu.co

José Carlos Escobar Palacios, Ph.D.
Investigador Universidad Federal de Itajubá (Itajubá
M.G., Brasil)
jocesobar@unifei.edu.br

Camilo Andrés Lesmes Fabian, Ph.D.
Universidad Santo Tomás (Tunja - Boyacá, Colombia)
camilo.lesmes@usantoto.edu.co

Impresión

Editorial Jotamar Ltda.
Calle 57 No. 3-39
Tel.: (8) 745 7120
editorialjotamar@yahoo.com
Tunja - Boyacá - Colombia



**Dispositivo electrónico
portable para la
medición de la
contaminación del aire**

**Portable electronic
device for
measuring air
pollution**

**Dispositivo eletrônico
portátil para a medição
da poluição do ar**

Para citar este artículo / To reference this article / Para citar este artigo: Lancheros-Cuesta, D., Galvis, B. y Pachón, J. (2017). Dispositivo electrónico portable para la medición de la contaminación del aire. *Ingenio Magno*, 8(1), 8-18.

Diana Lancheros-Cuesta

Universidad de La Salle, Facultad de Ingeniería
Grupo en Automatización
Visión Artificial, Robótica y Control (AVARC)

dilancheros@unisalle.edu.co

Boris Galvis

Universidad de La Salle, Facultad de Ingeniería
Centro Lasallista de Investigación y Modelación
Ambiental (CLIMA)

bgalvis@unisalle.edu.co

Jorge Pachón

Universidad de La Salle, Facultad de Ingeniería
Centro Lasallista de Investigación y Modelación
Ambiental (CLIMA)

jpachon@unisalle.edu.co

Resumen

Actualmente, la calidad del aire afecta la salud de las personas en las grandes ciudades; es también una de las causas principales de cáncer y de enfermedades cardiovasculares y respiratorias. Se estima que la contaminación del aire produce aproximadamente 7 millones de muertes anuales.

Los altos costos de los equipos tradicionales de monitoreo de calidad del aire, así como su complejidad, tamaño, consumo de energía y requerimientos de operación, han restringido sus aplicaciones a los ámbitos académicos, industriales y gubernamentales, limitando la disponibilidad geográfica y temporal de datos sobre los niveles de contaminación en ciudades y zonas rurales. Surge así la necesidad de implementar un dispositivo electrónico portable de bajo costo para medir la contaminación del aire. Para ello, se realizaron las siguientes etapas: a) revisión documental, b) comparación de características de los sensores, c) selección y compra de elementos, d) ensamble del dispositivo y análisis de señales y e) pruebas en campo con mediciones en tiempo real.

Como resultado, se obtiene un dispositivo electrónico para medir los niveles de exposición personal de la población a la contaminación del aire y que puede usarse para ampliar el cubrimiento de las redes de vigilancia de la calidad del aire en zonas rurales y urbanas; además, provee datos con mayor cubrimiento geográfico y temporal que los sistemas tradicionales y permite evaluar mejor las tendencias y los episodios de contaminación. Las pruebas y validaciones realizadas muestran resultados de medidas en variables que permiten determinar la calidad del aire en diferentes lugares de Bogotá.

Palabras clave: contaminación del aire, dispositivos electrónicos portátiles, sensores, controlador lógico programable.

Abstract

Currently, air quality affects the health of people in large cities, it is also one of the leading causes of cancer and cardiovascular and respiratory diseases. It is estimated that air pollution produces approximately 7 million deaths annually.

The high costs of traditional air quality monitoring equipment, as well as their complexity, size, energy consumption and operating requirements have restricted their applications to the academic, industrial and government spheres, limiting the geographical and temporal availability of data on pollution levels in cities and rural areas. This gives rise to the need to implement a low-cost portable electronic device to measure air pollution. To do this, the following steps were performed: a) document review, b) comparison of sensor characteristics, c) selection and purchase of elements, d) device assembly and signal analysis, and e) field tests with real-time measurements.

As a result, an electronic device is available to measure personal exposure levels of the population to air pollution and can be used to extend the coverage of air quality monitoring networks in rural and urban areas. In addition, the device provides data with greater geographic and temporal

coverage than traditional systems and allows for a better evaluation of the trends and incidents of contamination. The tests and validations carried out show results of variable measurements in order to determine the air quality in different places of Bogota.

Keyword: air pollution, portable electronic devices, sensors, programmable logic controller.

Resumo

Na atualidade, a qualidade do ar prejudica a saúde das pessoas nas grandes cidades; assim como é uma das principais causas de câncer e doenças cardiovasculares e respiratórias. Estima-se que a poluição do ar produz aproximadamente 7 milhões de mortes por ano. Os altos custos do equipamento tradicional de monitoramento da qualidade do ar, do mesmo modo que a sua complexidade, tamanho, consumo de energia e exigências operacionais têm limitado as aplicações nos domínios acadêmico, industrial e governamental, restringindo a disponibilidade geográfica e temporal de dados sobre os níveis de poluição nas cidades e áreas rurais. Isso levanta a necessidade de implementar um dispositivo eletrônico portátil de baixo custo para medir a poluição do ar. Com esse objetivo, foram realizadas as seguintes etapas: a) revisão de documentos, b) comparação das características dos sensores, c) seleção e compra de elementos, d) montagem do dispositivo e análise de sinal, e e) testes de campo com medições em tempo real. Como resultado, obteve-se um dispositivo eletrônico para medir os níveis de exposição pessoal da população à poluição do ar e pode ser usado para ampliar a cobertura das redes de monitoramento da qualidade do ar nas áreas rurais e urbanas; e além disso, fornece dados com maior cobertura geográfica e temporal do que os sistemas tradicionais, e permite avaliar melhor as tendências e os incidentes de contaminação. Os testes e as validações realizadas apresentam resultados de medidas em variáveis que permitem a determinação da qualidade do ar em diferentes locais de Bogotá.

Palavras chave: poluição do ar, dispositivos eletrônicos portáteis, sensores, controlador de lógica programável.

I. Introducción

Los altos costos de los equipos tradicionales de monitoreo de calidad del aire, su complejidad, tamaño, consumo de energía y requerimientos de operación han restringido sus aplicaciones a los ámbitos académicos, industriales y gubernamentales, limitando la disponibilidad geográfica y temporal de datos sobre los niveles de contaminación en ciudades y zonas rurales. El desarrollo de equipos de medición baratos, portables, de bajo

consumo energético, con requerimientos de operación simples —como los que se busca construir en este proyecto—, y la masificación de su uso por parte de la población en general causará una revolución en todos los campos de investigación de la contaminación del aire, lo cual hará posible mejorar los resultados de modelación de contaminantes, determinar mejor los efectos en la salud y tomar medidas costo-efectivas para controlarlos, prevenir su formación o minimizar la exposición de la población a estos.

El desarrollo de sistemas de monitoreo ha sido hoy en día práctica en los países, con el fin de medir el impacto de la contaminación ambiental. A continuación, se presentan trabajos relacionados que permiten conocer y adaptar tecnologías en el desarrollo de un dispositivo electrónico portable para la medición de la contaminación del aire.

Huai-Lei, Hou-Chun y Phone (2012) desarrollaron un sistema de medición que incluía un sensor inalámbrico con el fin de realizar un sistema de monitoreo ambiental. Al diseñar un sensor, se debe tener en cuenta su eficiencia energética, la cobertura del área de supervisión y la validez de los datos obtenidos. El proyecto desarrollado permitió una medición confiable y a bajo costo.

Vito *et al.* (2008) desarrollaron un dispositivo multisensor de gases de bajo costo, utilizando una calibración neuronal para la predicción de las concentraciones de benceno en la contaminación del medioambiente urbano; en la investigación se utiliza una estación de vigilancia de la contaminación del aire convencional para proporcionar datos de referencia. Los resultados se evaluaron por medio de la caracterización del error de predicción a lo largo de un intervalo de trece meses. El sistema implementado permitió calibrar los sensores por medios predictivos.

Penza *et al.* (2015) desarrollaron una investigación sobre la aplicación de microsensores de gas de estado sólido de bajo costo para el control de olores y la vigilancia de la contaminación atmosférica en un vertedero; el método que los autores utilizaron introduce microsensores basados en dispositivos comerciales de óxidos metálicos de tipo n para un sistema

económico y de medición en tiempo real. Las recomendaciones derivadas de la investigación presentan la necesidad de desarrollar sistemas de medición estables con calibraciones adecuadas.

Mead *et al.* (2013) instalaron sensores electroquímicos de bajo costo y altamente portátiles, lo que permitió obtener un sensor de calidad de aire de alta densidad escalable; el dispositivo fue utilizado en peatones, ciclistas y personas en la calle. A partir de las mediciones realizadas se concluyó que instrumentos de bajo costo altamente portables tienen el potencial de proporcionar una evaluación más completa de la estructura de la calidad del aire de alta granularidad observada generalmente en el entorno urbano; además, en última instancia, podría ser utilizado para la cuantificación de la exposición humana, así como para los propósitos de monitoreo y toma de decisiones de reglamentaciones en los países.

Por su parte, Anamika *et al.* (2016) implementaron un dispositivo para hacer seguimiento de la contaminación del aire. La transmisión de la información la realiza por GSM (del inglés Global System for Mobile Communications), y los datos se almacenan en un servidor local. El dispositivo que implementaron facilita la rápida difusión de información sobre los niveles de contaminación en múltiples sitios de tierra simultáneamente. El dispositivo tiene la capacidad de monitorear variables como la presión atmosférica, la temperatura, la humedad, CO_2 , CO , SO_2 , NO_2 y O_3 .

Teniendo en cuenta que el monitoreo de la calidad del aire es un tema prioritario en la mayoría de los países, en la Universidad de La Salle se realizó un proyecto de investigación que con-

sistió en la implementación de un dispositivo electrónico portable para la medición de la contaminación. A continuación se muestra el diseño, la implementación y las pruebas del dispositivo.

II. Metodología

Para la implementación del dispositivo se tuvieron en cuenta las etapas que se muestran en la figura 1.

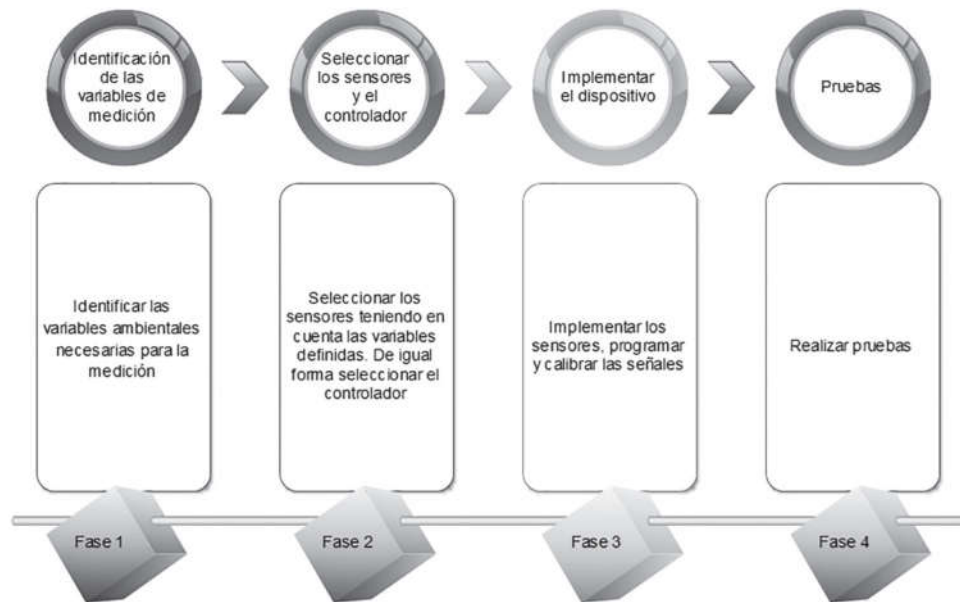


Figura 1. Fases en la implementación del dispositivo

A. Identificación de variables

Teniendo en cuenta el análisis de trabajos relacionados, se establecieron como variables de medición la humedad, el monóxido de carbono (CO), la temperatura, las partículas y el dióxido de nitrógeno (NO₂); este conjunto de variables permiten caracterizar la contaminación del aire.

B. Selección de sensores y del controlador

Un sensor es un dispositivo que convierte la información dada por una variable física a una de tipo electrónica (digital/análoga), con el fin de monitorear en tiempo real el comportamiento en un ambiente determinado (Devi *et al.*, 2012). De acuerdo con las variables definidas, se seleccionaron los sensores que se muestran en la tabla 1.

Tabla 1. Descripción de sensores

Variable	Descripción/marca	Características
Humedad	Este elemento permitirá medir el grado de concentración del agua en el ambiente (Sparkfun, 2015).	Salida análoga; alimentación de tensión 4-5,8 VDC; diseño de la energía baja, consumo de corriente típico de 200 μ A; alta precisión; tiempo de respuesta rápido.
Temperatura	Este sensor permite determinar de forma cuantitativa el valor de la temperatura del ambiente (Sparkfun, 2015).	Entrada de voltaje de 2,7 V a 5,5 VDC; precisión ± 2 $^{\circ}$ C; linealidad $\pm 0,5$ $^{\circ}$ C; rango de operación -40 $^{\circ}$ C a $+125$ $^{\circ}$ C
Partículas	Detecta la cantidad de partículas en el aire (Samyoungsnc, 2015).	Detección del polvo, polen y partículas de 1 μ m; alto nivel de sensibilidad; excelente confiabilidad y fácil mantenimiento; tamaño compacto.
Monóxido de carbón (CO)	Este sensor permite medir la cantidad de CO en el ambiente (Figaro, 2015).	Batería operable; alta repetibilidad/selectividad para CO; relación lineal entre el gas CO; calibración sencilla; larga vida.

Para el dispositivo se utilizó un controlador Arduino que permite tratar las señales emitidas por los sensores y controlar el sensado de las variables que se quieren medir.

C. Implementación del dispositivo

En la figura 2 se muestra la implementación del dispositivo; como se puede observar, está formado por un controlador Arduino y los sensores descritos en la sección anterior. Los sensores se conectan a las entradas de la tarjeta de control, y la salida de las mediciones tomadas se transmiten por puerto Bluetooth al celular. Una aplicación móvil descrita más adelante muestra los datos en tiempo real. La información de medición se almacena en una memoria que se conecta al Arduino y se transmite al dispositivo móvil

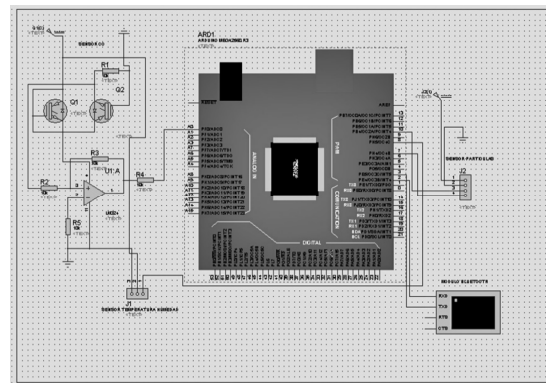


Figura 2. Hardware del dispositivo

El controlador y los sensores se encapsularon en una carcasa de plástico, con el fin de realizar pruebas al aire libre (figura 3).

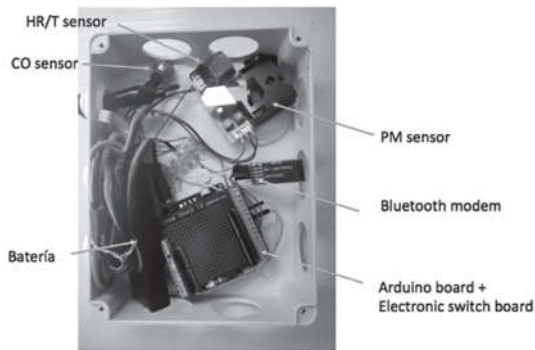


Figura 3. Hardware del dispositivo

Las figura 4 muestra una fotografía del dispositivo de medición.



Figura 4. Dispositivo de medición

D. Programación del controlador

La tarjeta de control requirió de la implementación de un algoritmo que incluye:

- la definición de las variables de medición;
 - la captura y el tratamiento de la señal de cada una de las variables de medición;
 - el almacenamiento de los datos;
 - la configuración y transmisión de datos por Bluetooth.
- A continuación se muestra el algoritmo:

```
#include <SoftwareSerial.h>
int bluetoothTx = 4; // TX-O pin of bluetooth
mate, Arduino D2
int bluetoothRx = 6; // RX-I pin of bluetooth
mate, Arduino D3
#include "DHT.h"
```

```
#define DHTPIN 8
#define DHTTYPE DHT11
DHT dht(DHTPIN, DHTTYPE);
int sensorCO;
int pin = 10 ;
int mq3_analogPin = A1;
unsigned long duration ;
unsigned long starttime ;
long unsigned samptime_ms = 1000 ; //
sampe 5s ;
long unsigned lowpulseoccupancy = 0 ;
float ratio = 0 ;
float concentration = 0;
SoftwareSerial bluetooth(bluetoothTx, bluetoo-
thRx);
void setup()
{
  Serial.begin(9600); // Begin the serial monitor
  at 9600bps
  dht.begin();
  pinMode (10, INPUT);
  starttime = millis (); // get the current time ;
  bluetooth.begin(115200); // The Bluetooth
  Mate defaults to 115200bps
  bluetooth.print("$"); // Print three times indi-
  vidualy
  bluetooth.print("$");
  bluetooth.print("$"); // Enter command mode
  delay(10); // Short delay, wait for the Mate to
  send back CMD
  bluetooth.println("U,9600,N"); // Temporarily
  Change the baudrate to 9600, no parity
  // 115200 can be too fast at times for New-
  SoftSerial to relay the data reliably
  bluetooth.begin(9600); // Start bluetooth se-
  rial at 9600
}
```

```

void loop()
{
  if(Serial.available()) // If stuff was typed in the
  serial monitor
  {
    // Send any characters the Serial monitor
    prints to the bluetooth
    bluetooth.print((char)Serial.read());
  }
  int mq3_value = analogRead(mq3_analog-
  Pin);
  sensorCO = analogRead(0);
  float h = dht.readHumidity();
  float t = dht.readTemperature();
  duration = pulseIn(pin, LOW) ;
  lowpulseoccupancy = lowpulseoccupancy +
  duration ;
  if ( ( millis () - starttime ) > sampletime_ms )
  // sampel 30s if time ==
  {
    ratio = lowpulseoccupancy / ( sampletime_
    ms * 10.0 ) ; // percentage integers 0 = > 100
    concentration = 1.1 * pow ( ratio , 3 ) - 3.8 *
    pow ( ratio , 2 ) + 520 + 0.62 * ratio ; // curve
    specification sheet
    bluetooth.print ( lowpulseoccupancy ) ;
    bluetooth.print ( " , " ) ;
    bluetooth.print(ratio) ;
    bluetooth.print( " , " ) ;
    bluetooth.print(concentration) ;
    lowpulseoccupancy = 0;
    starttime = millis ();
  }
  bluetooth.print(" H: ");
  bluetooth.print( h);
  bluetooth.print(" T: ");
  bluetooth.print( t);

```

```

bluetooth.print(" CO: ");
bluetooth.print ( sensorCO*0.01);
bluetooth.print(" sm: ");
bluetooth.println( mq3_value);
bluetooth.println();
delay(1000);
}

```

E. Aplicación móvil

AirCasting es una aplicación de código abierto para recoger, visualizar y compartir datos sobre variables del medioambiente utilizando un móvil. El dispositivo implementado transmite los datos a un dispositivo móvil con el fin de visualizarlos (figura 5) y así poder hacer una calibración y comparación con otros sensores (Aircasting, 2015).

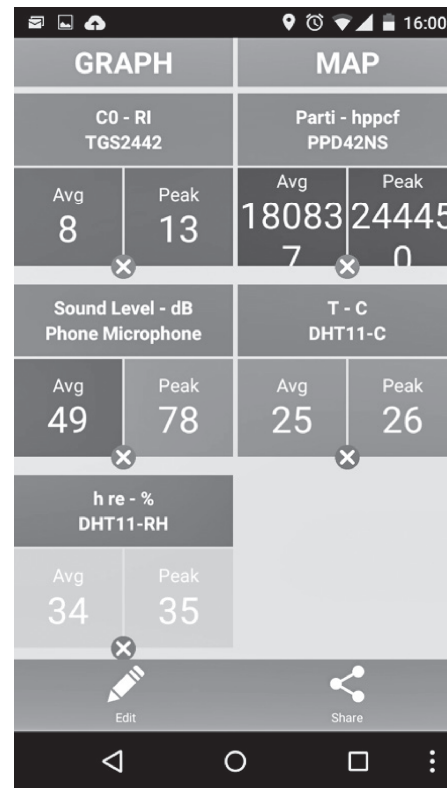


Figura 5. Aircasting app
Fuente: Aircasting (2015).

III. Análisis de resultados

Para las pruebas realizadas se requirió de una comparación con elementos de medida; la medición permitió calibrar el dispositivo. La figura 6 muestra los componentes utilizados en las pruebas.



Figura 6. Componentes de las pruebas realizadas al dispositivo

La primera prueba mostró resultados desfasados con respecto a los sensores de referencia, como se puede observar en las figuras 7, 8 y 9.

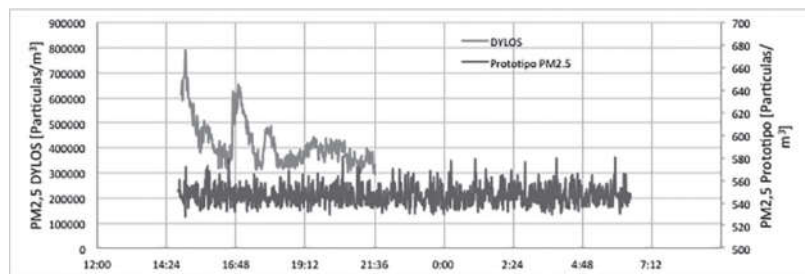


Figura 7. Comportamiento del dispositivo (medición de la concentración de partículas)

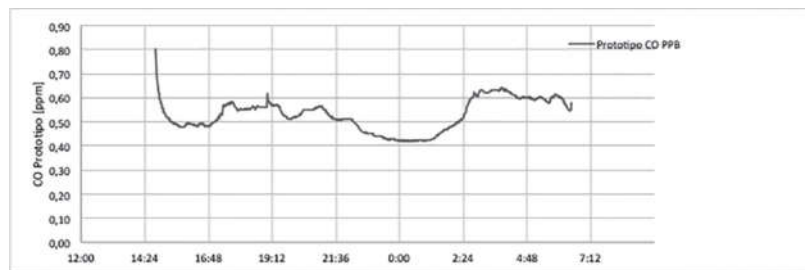


Figura 8. Comportamiento del dispositivo (medición de CO)

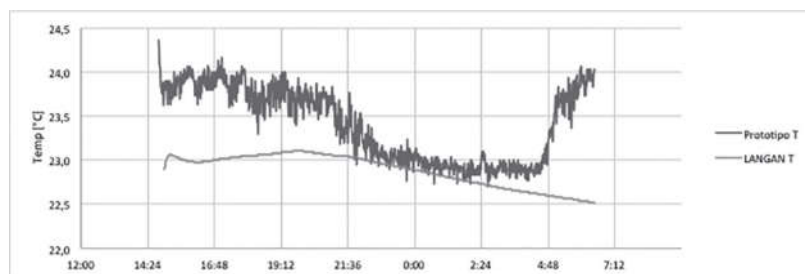


Figura 9. Comportamiento del dispositivo (temperatura)

Una vez obtenidos los resultados, se pudo observar un comportamiento no adecuado en la medición de las variables. Se realizaron ajustes al algoritmo durante otras seis

pruebas con respecto a los filtros de la señal. Los resultados de la última calibración y prueba se pueden observar en las figuras 10 y 11.

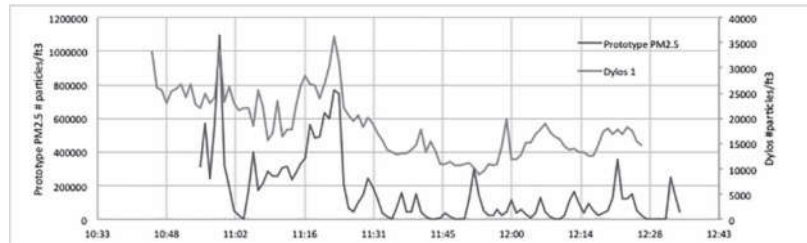


Figura 10. Comportamiento del dispositivo (medición de la concentración de partículas)

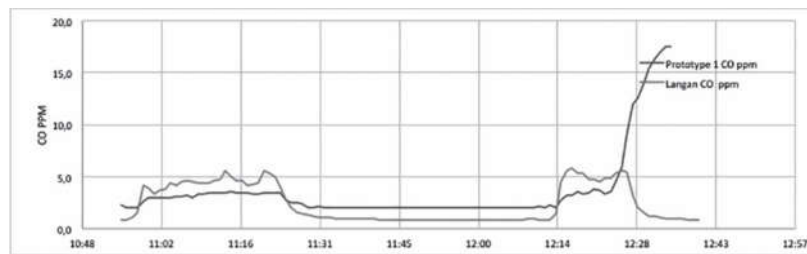


Figura 11. Comportamiento del dispositivo (medición de CO)

IV. Conclusiones

- Los sistemas de medición de calidad del aire permiten establecer patrones de variables como CO, temperatura, partículas, entre otros, que sirven para tomar decisiones.
- En términos del dispositivo electrónico de medición, se encontró que el sensor de CO toma una gran cantidad de energía de la batería más rápido.
- Se realizaron pruebas de funcionamiento y calibración con sensores y un sistema de control a bajo costo en un 40% menos, comparándolo con un sistema existente.
- El prototipo todavía tiene que ser caracterizado y probado para demostrarlo con precisión, además de ser lo suficientemente resistente; pero con los resultados obtenidos

se evidencia un sistema de medición a bajo costo y portable.

- Como trabajo futuro se proyecta la medición en varios ambientes y la validación a diferentes distancias.

Referencias

- Aircasting (2015). <http://aircasting.org/>. Recuperado de <http://aircasting.org/>
- Anamika, S., Harshila, J., Jagtap, D. y Prof.S.A., D. (2016). System engineering to deploy albatross like envirobat. *International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET)*, 3(3), 1078-1081.
- Devi, L., Raguse, B., Gooding, J., & Chow, E. (2012). Recent advances in paper-based sensors. *Sensors*.

Liana, D., Raguse, B., Gooding, J. y Chow, E. (2012). Recent advances in paper-based sensors. *Sensors*, 12(9), 11505-11526.

Figaro (2015). Figaro TGS 5042 - for the detection of Carbon Monoxide. Recuperado de <http://www.figarosensor.com/products/5042pdf.pdf>

Huai-Lei, F., Hou-Chun, C. y Phone, L. (2012). APS: Distributed air pollution sensing system on wireless sensor and robot networks. *Computer Communications*, 35(9), 1141-1150.

Mead, M., Popoola, O., Stewart, G., Landshoff, P., Calleja, M., Hayes, M., Baldovi, A., McLeod, M., Hodgson, T., Dcks, J., Lewis, A., Cohen, J., Barón, R., Saffell, J. y Jones, R. (2013). The use of electrochemical sensors for monitoring urban air quality in low-cost, high-density networks. *Atmospheric Environment*, 70, 186-203.

Penza, M., Suriano, D., Cassano, G., Pfister, V., Amodio, M., Trizio, L., Brattoli, M. y De Gennaro, G. (2015). A case-study of microsensors for landfill air-pollution monitoring applications. *Urban Climate*, 14(3), 351-369.

Samyoungsnc (2015). Dust Sensor Module, P/N: DSM501. Recuperado de <http://www.samyoungsnc.com/products/3-1%20Specification%20DSM501.pdf>

Sparkfun (2015). SparkFun humidity sensor breakout HIH-4030. Recuperado de <https://www.sparkfun.com/products/9569>

Vito, S., Massera, E., Piga, M., Martinotto, L. y Francia, G. D. (2008). On field calibration of an electronic nose for benzene estimation in an urban pollution monitoring scenario. *Sensors and Actuators B: Chemical*, 129(2), 750-759.