



2019 10 al 13 de septiembre - Cartagena de Indias, Colombia

RETOS EN LA FORMACIÓN
DE INGENIEROS EN LA
ERA DIGITAL



DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE ANÁLISIS EN TIEMPO REAL DE VARIABLES AMBIENTALES (TEMPERATURA, HUMEDAD RELATIVA Y CONCENTRACIÓN DE CO₂) PARA LOS DEPARTAMENTOS DE ANTIOQUIA (MEDELLÍN), CÓRDOBA (MONTERÍA) Y CHOCÓ (QUIBDÓ) EN COLOMBIA

Yuver Rengifo Guzmán

**Universidad Internacional Iberoamericana
Campeche, México**

Resumen

En este estudio se determinó el grado de contaminación en los departamentos de Antioquia (Medellín), Córdoba (Montería) y Chocó (Quibdó) a partir de la permanencia de contaminación ambiental, asociada a enfermedades respiratorias, expuestas a la concentración de CO₂, material particulado MP10, temperatura y humedad relativa, durante el tiempo de estudio de noviembre 2015 a diciembre 2016, teniendo en cuenta los estándares del Ministerio de Ambiente de calidad de aire. Se recopilieron más de dos millones de datos, en los cuales se les hizo seguimientos permanentes a los factores climáticos que contribuyen de manera significativa al estudio de enfermedades respiratorias. Además, este estudio permitió construir un modelo de comportamiento que ayudó a prever los rasgos actuales y presentes de la contaminación, por lo que fue indispensable monitorear diferentes variables físicas y ambientales involucradas.

El objetivo principal de este estudio fue implementar una base de datos de variables meteorológicas (temperatura, humedad relativa, concentración de CO₂), obtenidas a partir de estaciones ubicadas en distintos lugares en los departamentos de Antioquia (Medellín), Córdoba (Montería), Chocó (Quibdó), para estudiar los sucesos de importancia en salud pública relacionados con la contaminación aérea, así como de la población con mayor grado de vulnerabilidad en cuanto a

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE ANÁLISIS EN TIEMPO REAL DE VARIABLES AMBIENTALES (TEMPERATURA, HUMEDAD RELATIVA Y CONCENTRACIÓN DE CO₂) PARA LOS DEPARTAMENTOS DE ANTIOQUIA (MEDELLÍN), CÓRDOBA (MONTERÍA) Y CHOCÓ (QUIBDÓ) EN COLOMBIA

contaminación. Según evidencia científica, recientemente se analizó la incidencia en el cambio climático.

Metodología: para cumplir los objetivos planteados, se realizó una investigación aplicada, donde se combinaron diferentes conceptos estudiados en las áreas de la salud, telecomunicaciones y control en un único sistema que fue capaz de medir las diferentes variables ambientales (temperatura, humedad relativa y concentración de CO₂).

Conclusión: en esta investigación se determinaron los mayores índices de contaminación del aire, asociados a las ciudades de Medellín (Antioquia), Montería (Córdoba) y Quibdó (Chocó), que poseen en cuanto a temperatura y material particulado que se presenta.

Palabras clave: aire; contaminación; material particulado

Abstract

In this study the degree of contamination in the departments of Antioquia (Medellin), Córdoba (Montería) and Chocó (Quibdó) was determined from the permanence of environmental contamination, associated with respiratory diseases, exposed to the concentration of CO₂, particulate matter MP10, temperature and relative humidity, during the time of study from November 2015 to December 2016, taking into account the standards of the Ministry of Environment of air quality. More than two million data were collected, in which the climatic factors that contribute significantly to the study of respiratory diseases were permanently monitored. In addition, this study allowed the construction of a behavioral model that helped to foresee the current and present features of the contamination, so it was essential to monitor different physical and environmental variables involved.

The main objective of this study was to implement a database of meteorological variables (temperature, relative humidity, CO₂ concentration), obtained from stations located in different places in the departments of Antioquia (Medellín), Córdoba (Montería), Chocó (Quibdó), to study the important events in public health related to air pollution, as well as the population with the greatest degree of vulnerability in terms of contamination. According to scientific evidence, the impact on climate change was recently analyzed.

Methodology: to fulfill the objectives, an applied research was carried out, where different concepts studied in the areas of health, telecommunications and control were combined in a single system that was able to measure the different environmental variables (temperature, relative humidity and concentration of CO₂).

Conclusion: in this investigation the highest rates of air pollution were determined, associated to the cities of Medellín (Antioquia), Montería (Córdoba) and Quibdó (Chocó), which have the temperature and particulate material that is presented.

Keywords: air; pollution; particulate material

1. Introducción

Según Romero, Diego y Álvarez (2006), el uso del fuego fue uno de los responsables del comienzo de la contaminación del aire; esto como resultado del fenómeno de la industrialización. Además, desde el siglo XVI, en Inglaterra se generó una aguda crisis maderera debido a la utilización como combustible de la hulla carbónica, aun cuando existían normativas para su empleo (Romero et al., 2006).

Colombia alberga una gran variedad de ecosistemas y diversidad de micro climas a nivel regional, gracias a la complejidad de su geografía que provoca grandes variaciones climáticas. En cada zona del país, las estaciones secas o de lluvias presentan un comportamiento del clima heterogéneo. Dichos fenómenos no se pueden evitar a corto plazo, pero gracias a los avances tecnológicos se pueden predecir a tiempo y tomar medidas de contingencia en pro de la preservación de ecosistemas y demás factores que pueden verse afectados (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales [IDEAM], 2013).

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS, s.f.), un gran riesgo para el medio ambiente y, por ende, para la salud, lo representa la contaminación del aire. Es decir, mientras más bajos sean los niveles de esta contaminación, más altos serán los indicadores de la salud cardiovascular y respiratoria de la población (OMS, s.f.).

2. Metodología

2.1 Descripción de estaciones de muestreo

En la metodología experimental se realizó un estudio de estado del arte de los dispositivos electrónicos y las variables ambientales. Posteriormente, se procedió con el diseño e implementación de la estación meteorológica para la medición de variables ambientales (temperatura, humedad relativa y concentración de CO₂), monitoreadas de forma remota en las diferentes coordenadas (ver Tabla 1). En función de ejecutar los objetivos propuestos en el proyecto de investigación:

Tabla 1. *Distribución de los puntos de muestreos.*

Estaciones de muestreos	Coordenadas	
	N	W
Estación 1: Medellín	6°14'19.972"	75°33'9.488"
Estación 1: Montería	8°746'745"	-75°896'905"
Estación 1: Quibdó	5°68'82"	-76°64'57"

Fuente: Elaboración propia.

Los accesorios o equipos que se utilizaron en el desarrollo de este trabajo se describen a partir de sus características y funciones.

2.2 Adquisición de datos

Para la selección de los dispositivos necesarios del sistema, se tuvo en cuenta la información de sistemas de medición nacional como el IDEAM y la experiencia empírica de los habitantes circundantes de las ciudades de Medellín (Antioquia), Montería (Córdoba), Quibdó (Chocó). En esta etapa se desarrollaron dos softwares que se ejecuta en la placa de desarrollo Linkit One la cual es la encargada de procesar la información de los sensores (de lectura por puerto análogo de los sensores DTH11, CO₂). Estas mediciones a su vez son enviadas a la base de datos a través de los distintos protocolos de comunicación de la placa de desarrollo de forma redundante, para su almacenamiento limitado y su posterior consulta y/o visualización. Las señales emitidas por estos sensores son vistas como entradas digitales y/o análogas tarjetas Linkit One la cual registra la información para el sensor de CO₂ en forma de interrupciones (1-0) a través de los pines D2 Y D3 D8, mientras que Cabe aclarar que estos datos y configuraciones se deben de tomar en cuenta a la hora de realizar el acoplo entre los sensores y la placa de lo contrario las mediciones serán erróneas. A la vez las conexiones del sensor DTH11, el cual se encarga de tomar los datos correspondientes de las variables de humedad y temperatura, se realizan a través de puertos análogos, tomando en consideración el funcionamiento de dicho sensor como descrito anteriormente. Para todo esto se utilizó el pin A2.

2.3 Descripción del programa

Para llevar a cabo el análisis y visualización de las variables ambientales se utiliza plataforma de desarrollo que permite diseñar prototipos, Wearables y dispositivos relacionados con el Internet de las cosas (IOT). Permite el uso de un hardware y una API que son similares a los ofrecidos por las placas Arduino. Se provee de una plataforma de desarrollo llamada thingspeak en donde se visualiza la información en tiempo real.

3. Resultados y análisis de la información

En la siguiente figura 2, se visualiza el número del canal al cual se envía la información proveniente de las estaciones y las variables que corresponden a cada canal.

el proceso de enviar la información al servidor thingspeak©, en el cual se procesó la información proveniente de diferentes estaciones de las ciudades en los departamentos de Antioquia (Medellín), Córdoba (Montería) y Chocó (Quibdó). El total de muestras de los datos por cada estación están dados de la siguiente manera: Medellín, Antioquia: 2.680.134 datos; Montería, Córdoba: 1.610.724 datos; y Quibdó, Chocó: 1.019.646 datos. Estos corresponden a medidas de Temperatura, Humedad Relativa y CO₂, para un total de 5.310.504 datos, los cuales fueron analizados mediante un paquete estadístico STATGRAPHICS Centurión ©. Además, se describe el comportamiento de noviembre de 2015 a diciembre 2015 de los niveles mínimos, máximos y medios del Análisis

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE ANÁLISIS EN TIEMPO REAL DE VARIABLES AMBIENTALES (TEMPERATURA, HUMEDAD RELATIVA Y CONCENTRACIÓN DE CO₂) PARA LOS DEPARTAMENTOS DE ANTIOQUIA (MEDELLÍN), CÓRDOBA (MONTERÍA) Y CHOCÓ (QUIBDÓ) EN COLOMBIA



Figura2 Humedad R, Temperartura, Co2
Fuente: propia

3.1 Análisis Temperatura

En la tabla 2 se describe el comportamiento de noviembre de 2015 a diciembre 2015 los niveles mínimos, máximos, medios del Análisis Temperatura, a continuación, Análisis Multitemporal Temperatura 2016 Quibdó.

	Mínimos	Media	Máximos
Noviembre	27	28,4	34
Diciembre	23	33,6406	49
Enero	22	33,3214	50
Febrero	22	33,9395	54
Marzo	22	33,7838	52
Abril	22	33,9418	55
Mayo	21	34,2765	56
Junio	21	32,8401	51
Julio	21	29,001	38
Agosto	22	37,42	42
Septiembre	21	28,992	43
Noviembre	21	33,43	53

Tabla 2 Análisis Multitemporal Temperatura 2016
Fuente: propia

3.2 Análisis Humedad Relativa

La tabla 3 describe el comportamiento de noviembre de 2015 a diciembre 2015 los niveles mínimos, máximos, medios el Análisis Humedad Relativa, a continuación, se describe Análisis Multitemporal Humedad Relativa 2016 Quibdó.

	Mínimos	Media	Máximos
Noviembre	33	38,8	52,0
Diciembre	34	54,8677	75
Enero	27	45,477	65
Febrero	25	45,4198	68
Marzo	25	45,477	67
Abril	24	46,3782	67
Mayo	25	45,777	67
Junio	26	47,4318	70
Julio	36	52,2329	66
Agosto	34	53,78	74
Septiembre	27	44,3654	63
Noviembre	35	55,3246	76

Tabla 3 Análisis Multitemporal Humedad Relativa
Fuente: propia

3.3 Análisis CO₂

En la tabla 4 describe el comportamiento de noviembre de 2015 a diciembre 2015 los niveles mínimos, máximos, medios del Análisis CO₂, a continuación, se detalla el Análisis Multitemporal (PM10) CO₂ 2016 Quibdó.

	Mínimos	Media	Máximos
Noviembre	295	348,2	419
Diciembre	285	338,855	605
Enero	262	330,479	648
Febrero	228	341,052	732
Marzo	200	251,571	578
Abril	192	249	494
Mayo	219	316,041	584
Junio	276	349,99	959
Julio	322	349,047	501
Agosto	235	325	853
Septiembre	262	330,5	580
Noviembre	295	380,56	622

Tabla 4 Análisis Multitemporal CO₂
Fuente: propia

4. CONCLUSIONES

¿Cómo el aumento de la temperatura, humedad y gas carbónico afecta la salud?

- ✓ El cambio climático se ha vuelto un reto para todos los países del mundo, debido a las múltiples consecuencias que se están previendo en diferentes áreas de la vida cotidiana, no solo en el comercio, agricultura o tecnología, sino también en el sector salud, el cual está inmerso en esta problemática mundial, y los esfuerzos que hacen las grandes potencias no están incluyendo este sector. La OMS ha advertido la afectación que tiene el calentamiento global sobre los principales factores que inciden en la salud, la producción de alimentos, la cantidad y calidad del agua y del aire, así como en la distribución de plantas y animales (Fundación Argentina del Tórax [FAT], 2018).
- ✓ El aumento de la temperatura favorece la exposición a radiación UV, además de enfermedades transmitidas por agua, alimentos y vectores, lo cual incide en el aumento de casos de intoxicaciones como también enfermedades tropicales, principalmente (FAT, 2018).
- ✓ Teniendo en cuenta que el aumento de la temperatura puede ser dado por contaminantes de tipo natural como lo son fenómenos volcánicos y descomposición de materia orgánica, y de tipo logístico, como las emisiones producidas por motores de combustión interna, se destaca como contaminante importante el óxido de nitrógeno, el cual tiende a generar inflamación alveolar, al igual que el ozono, que exacerba patologías como asma y enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC), debido a que irrita la vías respiratorias altas y bajas por medio de liberación de agentes pro inflamatorios (Sánchez, 2017).
- ✓ En futuros estudios sobre la calidad del aire en relación al PM-2.5 y PM-10 que puedan realizarse en, Quibdó aumentar el número de puntos de monitoreo ya que ayudara a conocer mejor los niveles de PM-2,5 y PM-10 en diferentes puntos de las ciudades.
- ✓ En futuros estudios que puedan realizarse sobre la calidad del aire en relación al PM-2.5 y PM-10 en Quibdó realizar las inspecciones necesarias en las fuentes fijas emisoras de PM-2,5 y PM-10 (parque automotor) para conocer si cuentan con algún tipo de medida correctiva que ayude a disminuir la cantidad de PM-2,5 y PM-10 que emiten a la atmosfera y en función de esto puedan ser considerados con poco o mucho potencial de contaminación.
- ✓ Ejecutar el presente Plan de Monitoreo de la Calidad del Aire en relación PM-2.5 y PM-10 en un corto plazo en Quibdó para conocer la concentración de PM-2.5 y PM-10 a la que están expuestas las personas y la viabilidad del estudio.
- ✓ Fue posible diseñar y construir un sistema de medición de variables ambientales en tiempo real acoplando sensores de diferente naturaleza a la placa de desarrollo escogida y se obtuvieron medidas fiables de las variables meteorológicas propuestas.
- ✓ Fue posible diseñar e implementar de forma exitosa un software para interactuar, registrar y procesar la información producida por el sistema de medición diseñado y que además la transmitiera de forma continua y sin interrupciones a través de varias tecnologías diferentes como lo es GSM y GPRS.
- ✓ El proyecto de monitoreo meteorológico va más allá de ser un indicador de riesgo en el monitoreo de variables ambientales, es una herramienta de gran utilidad para conocer la evolución de las condiciones meteorológicas presentes durante un determinado periodo de

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE ANÁLISIS EN TIEMPO REAL DE VARIABLES AMBIENTALES (TEMPERATURA, HUMEDAD RELATIVA Y CONCENTRACIÓN DE CO₂) PARA LOS DEPARTAMENTOS DE ANTIOQUIA (MEDELLÍN), CÓRDOBA (MONTERÍA) Y CHOCÓ (QUIBDÓ) EN COLOMBIA

tiempo que permitirá, a largo plazo, realizar recomendaciones útiles para la actividad asociados al cambio climático.

- ✓ La relación costo-beneficio es grande comparado con las opciones existentes en el mercado, una estación meteorológica que realice las operaciones descritas en este proyecto cuesta alrededor de \$ 29'000.000, mientras que el prototipo construido no superó los \$6.000.000.

Referencias bibliográficas

- Baz A., Ferreira, I., Álvarez, M. y García, R. (s.f.). *Dispositivos móviles*. Recuperado de http://isa.uniovi.es/docencia/SIGC/pdf/telefonía_movil.pdf
- Bravo, D., García, A. y Muñoz, W. (2012). Diseño e Implementación de un Prototipo de Estación meteorológica. *Revista Universitaria en Telecomunicaciones Informática y Control*, 1 (2), 24-28. Recuperado de <https://goo.gl/4aUDfb>
- Cámara de Comercio. (2017). *Perfil socioeconómico de Medellín y el Valle de Aburra*. Recuperado de <https://goo.gl/b5TXgZ>
- Casar, J. (2018). *TSSI: Tecnologías y Servicios para la Sociedad de la Información*. Madrid, España: Concejo Social UPM. Recuperado de <https://goo.gl/frJJem>
- Chauca, V. (2017). *Control a distancia de viviendas mediante telefonía celular*. (Trabajo de Tecnología). Universidad Mayor de San Andrés, La Paz, Bolivia. Recuperado de <https://goo.gl/LPAqyK>
- Chavarro, J. (2018). *Proyecto de gestión ambiental para reducir los índices de contaminación sanitaria del sector villas de San Luis ubicado en la vereda Barcelona del Municipio de Villavicencio*. (Trabajo de especialización). Universidad de los Llanos, Villavicencio, Colombia. Recuperado de <https://goo.gl/pHy7KZ>
- Claros, C. y Sánchez, M. (2015). *Temario general*. Cuerpo de bomberos. Sevilla, España: Ediciones Rodio. Recuperado de <https://goo.gl/wKNGkG>
- Conde, A. (2013). Efectos nocivos de la contaminación ambiental sobre la embarazada. *Revista Cubana de Higiene y Epidemiología*, 51 (2), 226-238. Recuperado de <https://goo.gl/LJPCLD>
- Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca – CAR. (s.f.). *Permiso de emisión atmosférica para fuentes fijas*. Recuperado de <https://www.car.gov.co/vercontenido/1188>
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística - DANE. (2007). *Cartilla de conceptos básicos e indicadores demográficos*. Recuperado de <https://goo.gl/yN9Mxt>

Sobre los autores

- **Yuver Rengifo Guzmán:** Ingeniero electrónico, Máster en Dirección Estratégica en telecomunicaciones, candidato a Doctor en proyectos de investigación de la Universidad INTERNACIONAL IBEROAMERICANA. Profesor asistente. yuverr@hotmail.com

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE ANÁLISIS EN TIEMPO REAL DE VARIABLES AMBIENTALES (TEMPERATURA, HUMEDAD RELATIVA Y CONCENTRACIÓN DE CO₂) PARA LOS DEPARTAMENTOS DE ANTIOQUIA (MEDELLÍN), CÓRDOBA (MONTERÍA) Y CHOCÓ (QUIBDO) EN COLOMBIA

Los puntos de vista expresados en este artículo no reflejan necesariamente la opinión de la Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería.

Copyright © 2019 Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería (ACOFI)