



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL
Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación

**“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE
TELEMETRÍA PARA REALIZAR MEDICIONES
REMOTAS DE SUSTANCIAS CONTAMINANTES EN LA
CIUDAD DE GUAYAQUIL”**

INFORME DE MATERIA INTEGRADORA

Previo a la obtención del Título de:

INGENIERO EN TELEMÁTICA

**LITUMA PERERO FREDDY GONZALO
MACÍAS JIJÓN PATRICIA CARLOTA**

GUAYAQUIL – ECUADOR

AÑO: 2017

AGRADECIMIENTOS

Agradezco el apoyo y la motivación por parte de mis padres durante los años de estudio de mi carrera, a los profesores de ESPOL por brindarme una educación de calidad y excelencia.

Lituma Freddy

Agradezco a mi familia por haber estado conmigo a lo largo de mi carrera universitaria dándome su apoyo para poder lograr este objetivo, así mismo agradezco a mis amigos y profesores de la ESPOL quienes aportaron en mi vida, para formarme como profesional.

Macías Patricia

TRIBUNAL DE EVALUACIÓN

Ing. Néstor Arreaga

PROFESOR EVALUADOR

Ing. Wendy Paola Yánez

PROFESOR EVALUADOR

DECLARACIÓN EXPRESA

"La responsabilidad y la autoría del contenido de este Trabajo de Titulación, nos corresponde exclusivamente; y damos nuestro consentimiento para que la ESPOL realice la comunicación pública de la obra por cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual"

.....
Freddy G. Lituma P.

.....
Patricia C. Macías J.

RESUMEN

El proyecto consiste en el diseño e implementación de un sistema que permita medir la calidad del aire en ciertos sectores de la ciudad de Guayaquil. El sistema incluye un dispositivo de medición basado en plataformas de hardware libre (Raspberry y Arduino), sensores de dióxido de carbono, óxidos de nitrógeno, monóxido de carbono, humedad y temperatura. Las mediciones realizadas permitirán conocer en tiempo real los niveles de sustancias contaminantes presentes en el aire.

Por otro lado, los datos de las mediciones son enviados a través de internet desde el dispositivo de medición hacia un servidor de base de datos remoto y mediante una página web será posible realizar consultas. Ambos servidores estarán alojados en la nube para garantizar la disponibilidad y acceso a los datos.

Adicionalmente, la página web proporcionará una descripción completa de los datos sobre la calidad del aire, es decir que el usuario podrá conocer si en un determinado sector los niveles de contaminación superan los umbrales permitidos, además se mostrarán gráficos estadísticos, consultas por lugar, fecha y sustancia.

Finalmente, el proyecto contempla un análisis de los resultados obtenidos con relación a puntos críticos de contaminación identificados mediante un estudio realizado por la municipalidad de Guayaquil en 2005.

ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTOS.....	ii
TRIBUNAL DE EVALUACIÓN.....	iii
DECLARACIÓN EXPRESA.....	iv
RESUMEN	v
ÍNDICE GENERAL	vi
CAPÍTULO 1.....	1
1. MARCO GENERAL.....	1
1.1 Antecedentes	1
1.2 Descripción del problema	1
1.3 Justificación.....	3
1.4 Objetivos	3
1.4.1 Objetivo General	3
1.4.2 Objetivos Específicos.....	3
1.5 Resultados esperados	4
CAPÍTULO 2.....	5
2. DISEÑO Y DESARROLLO	5
2.1 Metodología	5
2.2 Herramientas de Hardware.....	5
2.2.1 Raspberry Pi3	5
2.2.2 Arduino UNO.....	6
2.2.3 Sensor de Temperatura y Humedad DTH11	7
2.2.4 Sensor de Smoke MQ-2	8

2.2.5	Sensor de Monóxido de Carbono MQ-7	9
2.2.6	Sensor de Calidad del Aire MQ-135.....	9
2.3	Herramientas de Software	11
2.3.1	Raspbian	11
2.3.2	IDE Arduino.....	11
2.3.3	MySQL	11
2.3.4	CSS.....	11
2.3.5	HTML5	12
2.3.6	PHP	12
2.4	Desarrollo del sistema.....	13
2.4.1	Sistema de Monitoreo	13
2.4.2	Dispositivo de Monitoreo	13
CAPÍTULO 3.....		16
3.	RESULTADOS	16
3.1	Análisis de Resultados.....	16
3.1.1	Adquisición de datos.....	16
3.1.2	Envío y almacenamiento de datos	17
3.1.3	Visualización de datos	17
3.2	Gráficos estadísticos.....	25
3.3	Costos de implementación.....	29
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		30
BIBLIOGRAFÍA.....		32

CAPÍTULO 1

1. MARCO GENERAL

1.1 Antecedentes

Es evidente la presencia de sustancias contaminantes en la ciudad de Guayaquil, se han identificado 25 puntos críticos de contaminación, una de las causas es el excesivo tráfico de vehículos. También cabe mencionar que los valores de dióxidos de nitrógeno y de azufre, exceden los niveles de concentración para un aire limpio.

Según un Estudio, realizado en el 2004 por el Municipio de Guayaquil, Petroecuador y la Universidad Central, sobre la calidad del aire en Guayaquil señala cuales son los sectores con mayor índice de contaminación en la ciudad, indicando que en la zona Norte de la ciudad existen 12 sectores y en el centro de la ciudad 7 sectores, entre los cuales se pueden mencionar las afueras del Terminal Terrestre, Universidad de Guayaquil, av. Juan Tanca Marengo, entre otras. Además cabe recalcar que los altos niveles ruido también proporcionan contaminación.

1.2 Descripción del problema

En la actualidad, uno de los mayores problemas es la contaminación atmosférica, ya que afecta la calidad de vida de las personas en todo el mundo, los graves efectos en la salud y en el medio ambiente son evidentes, en muchos lugares se respira aire contaminado, lo cual podría convertirse en un serio problema a largo plazo.

El crecimiento poblacional en la ciudad de Guayaquil implica el aumento de vehículos privados y de transporte público transitando por las calles de la urbe. Esta situación está estrechamente relacionada con las emanaciones de dióxido de carbono procedentes de los medios de transporte. Adicionalmente, las

grandes industrias y fábricas también representan un potencial contaminante de la atmosfera. La contaminación del ambiente en Guayaquil puede resultar un gran problema a largo plazo debido a que es una de las ciudades más pobladas del país, además no se tienen datos que permitan determinar el nivel de sustancias tóxicas en el aire.

La inhalación de aire contaminado puede incrementar las probabilidades de tener afectaciones en la salud, que pueden estar ligadas a enfermedades del corazón o de pulmón. En este sentido, las personas de la tercera edad y los niños son los que tienen más peligro de contraer afectaciones en la salud debido a la contaminación del ambiente. Sin embargo, se debe considerar que la suciedad del aire no se produce solamente en las afueras, asimismo dentro de los edificios puede haber contaminación y dañar la salud de los ciudadanos.

Las sustancias consideradas para este estudio se consideran contaminantes y perjudiciales para la salud cuando sus concentraciones son notablemente más elevadas de lo normal. En la Tabla 1 se muestran los umbrales máximos permitidos para las respectivas sustancias incluyendo valores para temperatura y humedad [13].

Componente	Umbral	Unidad
Temperatura	40	[°C]
Humedad	68	%
Monóxido de Carbono [CO]	200	ppm
Dióxido de Carbono [CO₂]	400	ppm
Dióxidos de Nitrógeno [NO_x]	0.01	ppm

Tabla 1: Umbrales indicadores de riesgo para la salud

1.3 Justificación

Es de suma importancia realizar mediciones de factores como: temperatura, CO₂, monóxido de carbono, óxido de azufre, entre otros, con el objetivo de analizar y determinar el nivel de contaminación del aire en las diferentes zonas de la ciudad. Con base en esta información las entidades públicas podrían tomar medidas que permitan reducir la emisión de sustancias contaminantes al medio ambiente y evitar problemas en la salud de los ciudadanos. Además se estaría dando un impulso a la utilización de energías renovables.

Para realizar este tipo de mediciones resulta indispensable la utilización de tecnologías informáticas y electrónicas, que permitan la adquisición, procesamiento, clasificación y almacenamiento de datos. Entre las herramientas que se pueden citar están, sensores, plataformas de hardware libre, servidores y un medio de comunicación como la internet.

Se plantea el diseño y la implementación de un dispositivo electrónico que realice las mediciones del nivel de contaminación en el aire y envíe estos datos a un servidor de datos, que se encuentra disponible en tiempo real para los usuarios encargados del tema ambiental.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo General

Brindar información a las autoridades encargadas del medio ambiente, sobre los niveles de las sustancias contaminantes del aire, para que se tomen medidas necesarias a favor de la salud de las personas.

1.4.2 Objetivos Específicos

- Diseñar e implementar un dispositivo electrónico móvil capaz de tomar mediciones de monóxido de carbono, dióxido de carbono, temperatura, humedad y óxido de nitrógeno y enviarlos a un servidor de datos en la nube por medio de internet.

- Diseñar e implementar una aplicación web que permita a los usuarios tener acceso a los datos obtenidos de los niveles de las sustancias contaminantes.

1.5 Resultados esperados

Con la culminación de este proyecto se aspira conseguir un sistema que permita medir valores sobre los niveles de la calidad del aire, los cuales serán enviados a un servidor en la nube y podrán visualizarse desde una aplicación web, con el fin de que las autoridades encargadas del medio ambiente tomen las mejores decisiones para reducir la emisión de contaminantes del aire y así evitar problemas de salud en las personas.

CAPÍTULO 2

2. DISEÑO Y DESARROLLO

2.1 Metodología

- Investigar cuales son los puntos que se consideran críticos debido a la contaminación en el aire en Guayaquil.
- Implementar modelo con el correspondiente hardware y software.
- Diseñar e implementar la página web para proporcionar el acceso a los datos de las mediciones al usuario.
- Realizar pruebas en el modelo implementado para detectar fallas y posterior realizar los cambios necesarios para corregirlas.
- Realizar mediciones en diferentes sectores de la ciudad de Guayaquil.
- Analizar los resultados obtenidos y dar soluciones para reducir los niveles de contaminación ambiental.

2.2 Herramientas de Hardware

2.2.1 Raspberry Pi3

Es una placa electrónica de costo reducido desarrollado por la Fundación RaspberryPi en Reino Unido. Es como una computadora, cuyo sistema operativo es Linux basada en Debian, a la que se puede acceder a través del puerto HDMI y un monitor. Esta versión de Raspberry cuenta antena WiFi y módulo Bluetooth incluidos [1].

La Figura 2.1 muestra las características de Raspberry Pi3.

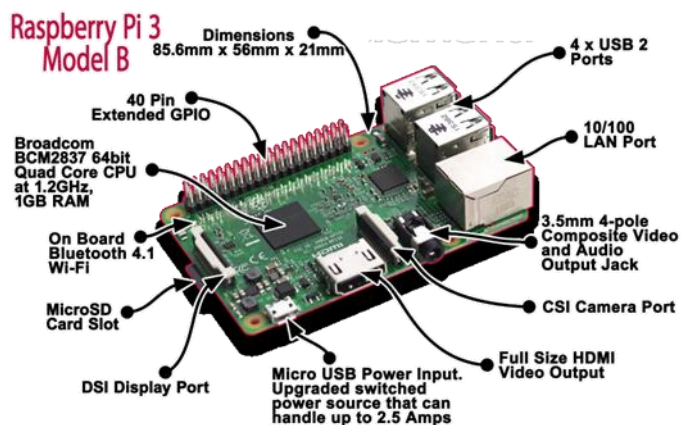


Figura 2.1: Raspberry Pi3

Características:

- CPU ARMv8 de 64 bits a 1.2GHz
- Puerto HDMI: 1
- Puertos USB: 4
- Bluetooth 4.1
- Ethernet
- WiFi
- Ranura para MicroSD
- RAM: 1GB

2.2.2 Arduino UNO

Es un dispositivo de hardware libre, de código abierto, basado en una placa con entorno de desarrollo y microcontrolador para crear software, este tiene pines de entradas y salidas, tanto digitales como analógicas.

Fue creado en el 2005, en Italia, por el Ing. Electrónico David Cuartielles.

La Figura 2.2 muestra las características de Arduino UNO [2].

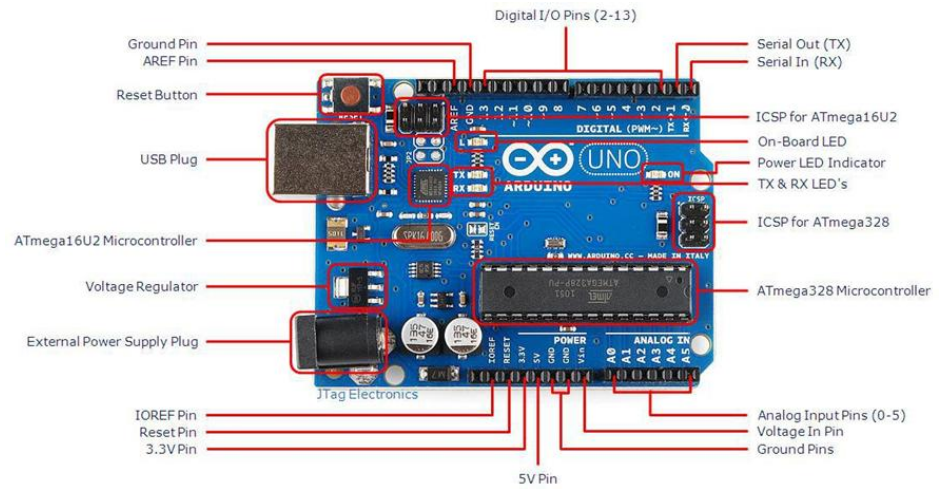


Figura 2.2: Arduino UNO

Características:

- Memoria Flash: 32KB
- Voltaje de entrada: 7 – 12
- ATmega328 como Microcontrolador
- Entradas análogas: 6
- Pines digitales de entrada/salida: 14
- Velocidad del reloj: 16MHz

2.2.3 Sensor de Temperatura y Humedad

Es el sensor digital DHT11 de humedad y temperatura de costo reducido, el cual es de gran calidad y tiene pronta respuesta en las mediciones [3]. La Figura 2.3 muestra el sensor DHT11 [4].



Figura 2.3: Sensor DHT11

Características:

- Voltaje de entrada: 3V – 5V
- El rango para medir la temperatura va de los 0°C hasta los 50 °C
- El rango para medir la humedad va de los 20% hasta los 90% RH
- Tiene un tiempo de sensado de 1 seg.

2.2.4 Sensor de Smoke MQ-2

La Figura 2.4 muestra el sensor MQ-2, el cual permite detectar concentraciones de humo de 300ppm a 10000ppm, es un sensor muy sensible, con rápido tiempo de respuesta. Además es preciso para percibir LPG, hidrógeno, metano, alcohol, humo y propano, pero tiene mayor sensibilidad al propano y al LPG [5].



Figura 2.4: Sensor MQ-2

Características:

- Necesita un voltaje de entrada de 5V
- Posee una sensibilidad bien alta
- Su tiempo de respuesta es menor de los 10s
- El rango para detectar concentraciones va de los 300ppm hasta los 10000 ppm
- Trabaja a una temperatura que va entre los -20°C y los 55°C

2.2.5 Sensor de Monóxido de Carbono

Es el sensor MQ-7 y fue diseñado para la detección de monóxido y dióxido de carbono, permite detectar concentraciones de gas entre 20ppm a 2000ppm, es un sensor muy sensible, con rápido tiempo de respuesta. La detección del gas a medir depende de la calibración de éste [6]. La Figura 2.5 muestra el sensor MQ-7 [7].



Figura 2.5: Sensor MQ-7

Características:

- Necesita un voltaje de alimentación de 5V
- Posee una salida analógica y una salida digital
- Para su buen funcionamiento necesita una temperatura que va entre los -10°C a 50°C
- Tiene un consumo de potencia menos de 750 mW
- Posee una resistencia de carga que se puede regular
- Tiene un consumo de resistencia aproximadamente de 350mW

2.2.6 Sensor de Calidad del Aire

Es el sensor MQ-135 y es práctico para percibir NO_x (óxidos de nitrógeno), NH_3 (amoníaco), benceno, alcohol, dióxido y monóxido de carbono, etc. El sensor puede detectar concentraciones de gas entre 10ppm y 1000 ppm y es de utilidad para detección de gases nocivos

para la salud en la industria principalmente. La Figura 2.6 muestra el sensor MQ-135 [7].



Figura 2.6: Sensor MQ-135

Características:

- Necesita un voltaje de entrada de 5V
- Requiere 150mA para poder funcionar correctamente
- Tiene un consumo de potencia de 800mW
- Posee una resistencia de carga que se puede regular
- Para su buen funcionamiento necesita una temperatura que va entre los -20°C a 70°C
- El rango para medir el Amoniacó va de los 10ppm hasta los 300ppm
- El rango para medir el Benceno va de los 10ppm hasta los 1000ppm
- El rango para medir el Alcohol va de los 10ppm hasta los 300ppm
- Tiene una alta velocidad de respuesta
- Posee un comparador analógico para activar los circuitos de control o las cargas

2.3 Herramientas de Software

2.3.1 Raspbian

Se trata de un sistema operativo basado en Debian-Linux, desarrollado para operar específicamente en plataformas Raspberry Pi. Este sistema utiliza un entorno LXDE como escritorio principal y Midori es el navegador predeterminado, también cabe indicar que posee alrededor de 35000 paquetes de programas pre-compilados que facilitan la instalación a los usuarios [8].

2.3.2 IDE Arduino

Es un entorno de desarrollo de software para plataformas Arduino, que se compone de varias herramientas de programación. Básicamente consiste en un editor de líneas de código, un compilador y las funciones para cargar los programas en la memoria flash de la placa un vez que han sido compilados. Esta aplicación también incluye un monitor serial, el cual es un programa para monitorear la información contenida en variables que son procesadas mediante el microcontrolador de Arduino.

2.3.3 MySQL

Es un sistema para la gestión y administración de base de datos relacionales, es una herramienta open source muy utilizada para implementar soluciones basadas en el modelo cliente-servidor, permite al usuario estructurar una base de datos proporcionando accesibilidad, compatibilidad, fácil mantenimiento y seguridad a la información [9].

2.3.4 CSS

Es un lenguaje utilizado para definir y estructurar parámetros relacionados con la interfaz gráfica de los elementos contenidos en un archivo HTML, permite definir la estructura del documento en cuento al

diseño. Las hojas de estilo CSS facilitan a los desarrolladores el mantenimiento de las páginas web, es decir que los cambios que se realicen en cuanto al diseño y presentación de los datos no representarán una afectación a los demás procesos de la página web [10].

2.3.5 HTML5

Es un lenguaje de etiquetas utilizado en el desarrollo de páginas de internet. HTML es fundamental porque permite organizar y ordenar los elementos del contenido de una página web como por ejemplo: texto, imágenes, botones, barras de menú, etc., esto se logra mediante marcas de hipertexto o etiquetas (tags) las mismas que sirven como identificador de los elementos y a través de las cuales es posible modificar ciertas propiedades. HTML5 es una versión que presenta algunas ventajas con relación a su antecesor sobre todo en aspectos de compatibilidad con la mayoría de los navegadores.

2.3.6 PHP

Es un lenguaje de programación orientado a páginas web dinámicas, es decir aquellos sitios web cuyo contenido cambia constantemente. Las instrucciones se ejecutan del lado del servidor generando HTML, esto implica que el cliente recibe los resultados desde el servidor una vez que este ha interpretado las líneas de código PHP. Las páginas web normalmente se actualizan desde una base de datos de manera que los desarrolladores utilizan a PHP como intermediario en estos procesos de intercambio de información. PHP es open source y ampliamente utilizado en desarrollo de software [12].

2.4 Desarrollo del sistema

2.4.1 Sistema de Monitoreo

Permite verificar en tiempo real los niveles de sustancias contaminantes que podrían estar presentes en el aire, como partículas de monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno, dióxido de carbono, así como también monitorea la humedad y temperatura ambiental.

La Figura 2.7 muestra el esquema del Sistema de Monitoreo, el cual está conformado por varios nodos, ubicados en diferentes lugares de Guayaquil, que toman los datos y los envían a un servidor central en la nube, para luego ser visualizados por cualquier usuario a través de una página web.

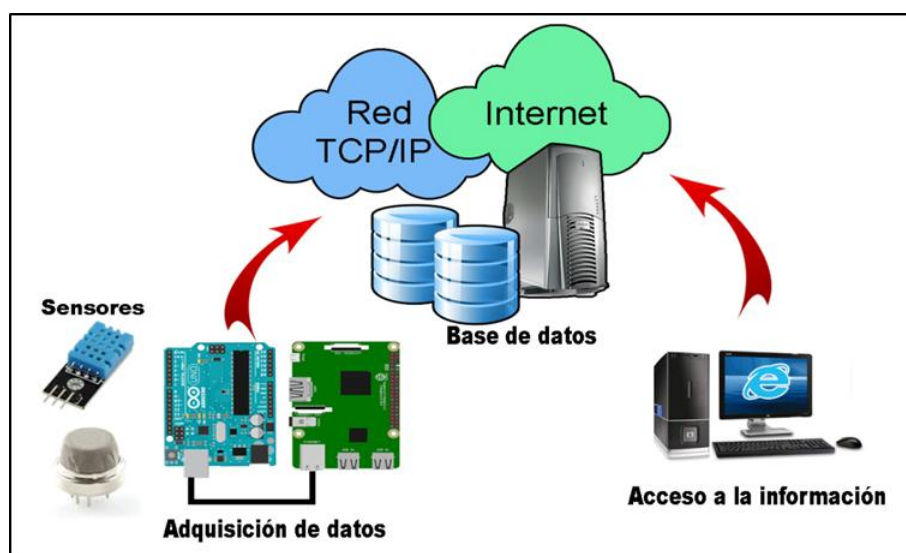


Figura 2.7: Sistema de Monitoreo

2.4.2 Dispositivo de Monitoreo

Cada nodo está conformado por un conjunto de sensores ambientales, conectados a los pines del Arduino UNO, el cual, a través de un cable USB se conecta a la Raspberry Pi para transmitir los datos obtenidos por los sensores.

En la Figura 2.8 se observa el circuito que mide la humedad y temperatura ambiental en la siguiente figura y se emplea el sensor DHT11, que se conecta al Arduino de la siguiente manera: La línea de alimentación (cable rojo) se conecta al pin 5V, la tierra (cable negro) en el pin GND y la línea de datos (cable amarillo) en el pin 2 de la salida digital.

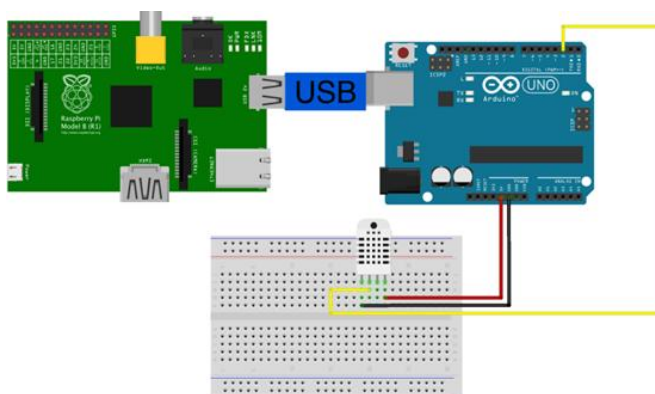


Figura 2.8: Circuito del sistema de humedad y temperatura

En la Figura 2.9 se observa el circuito que mide las partículas de monóxido de carbono en la siguiente figura y se utiliza el sensor MQ-2, el cual se conecta al Arduino de la siguiente manera: La línea de alimentación (cable rojo) se conecta al pin 8, la tierra (cable negro) en el pin GND y la línea de datos (cable verde) en el A0 de la salida analógica.

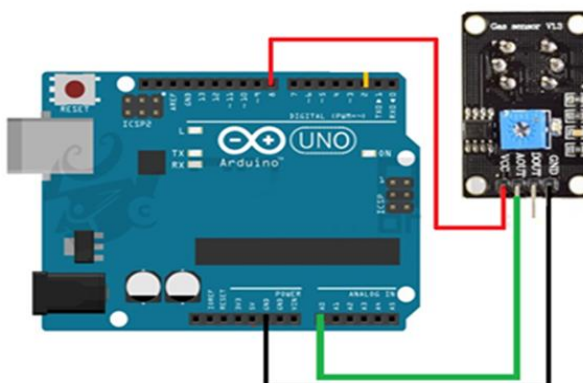


Figura 2.9: Circuito del sistema de monóxido de carbono

En la Figura 2.10 se observa el circuito que mide las partículas de dióxido de carbono y óxidos de nitrógeno en la siguiente figura y se emplea el sensor MQ-135, que se conecta al Arduino de la siguiente manera: La línea de alimentación (cable morado) se conecta al pin 9, la tierra (cable negro) en el pin GND y la línea de datos (cable rojo) en el A1 de la salida analógica.

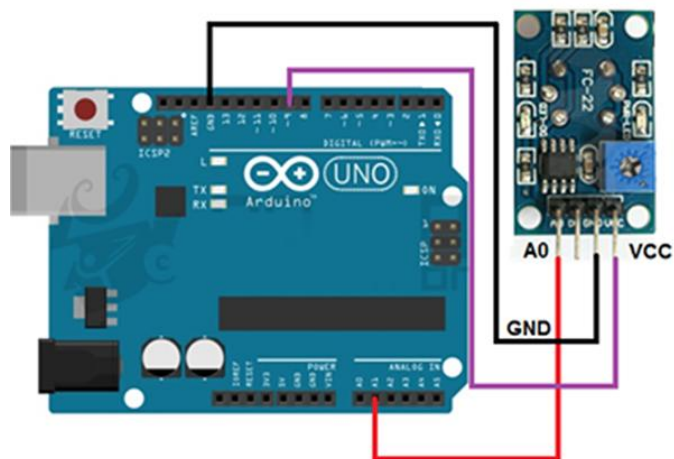


Figura 2.10: Circuito del sistema de óxidos de nitrógeno y dióxido de carbono

CAPÍTULO 3

3. RESULTADOS

3.1 Análisis de Resultados

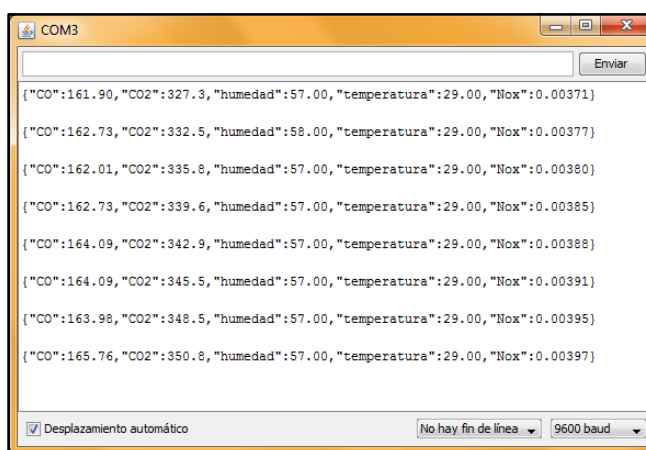
En esta sección se presenta la descripción de los procesos y la comprobación de cada uno de los elementos del sistema, así como también los resultados obtenidos.

El sistema esta dividido en tres etapas que son:

- Adquisición de datos
- Envío y almacenamiento de datos
- Visualización de datos

3.1.1 Adquisición de datos

La primera etapa es la adquisición de los datos mediante la plataforma Arduino UNO y sensores de humedad, temperatura, dióxido de carbono, óxidos de nitrógeno y monóxido de carbono, tal como se muestra en la Figura 3.1. Luego estos datos son transferidos mediante comunicación serial hacia la plataforma Raspberry Pi para posterior envío y almacenamiento de datos.

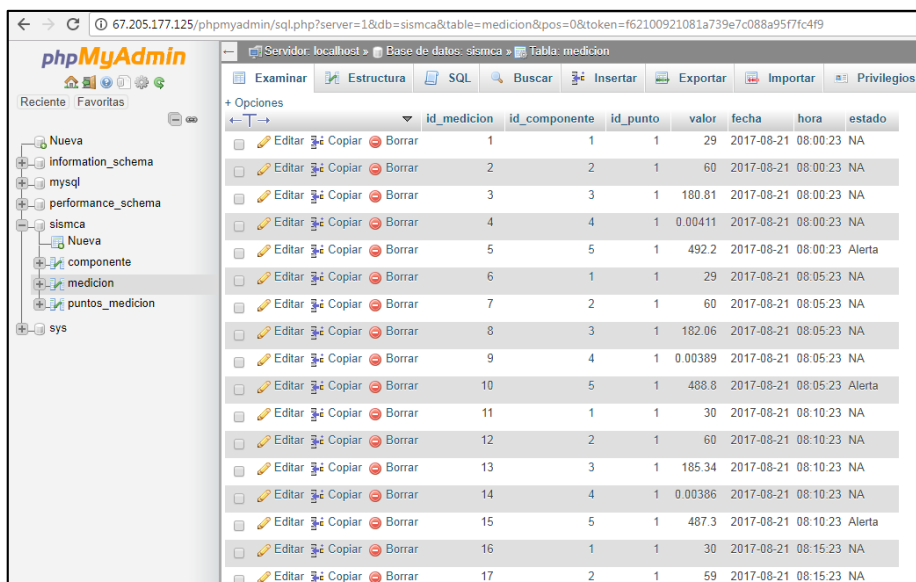


```
COM3
{"CO":161.90,"CO2":327.3,"humedad":57.00,"temperatura":29.00,"Nox":0.00371}
{"CO":162.73,"CO2":332.5,"humedad":58.00,"temperatura":29.00,"Nox":0.00377}
{"CO":162.01,"CO2":335.8,"humedad":57.00,"temperatura":29.00,"Nox":0.00380}
{"CO":162.73,"CO2":339.6,"humedad":57.00,"temperatura":29.00,"Nox":0.00385}
{"CO":164.09,"CO2":342.9,"humedad":57.00,"temperatura":29.00,"Nox":0.00388}
{"CO":164.09,"CO2":345.5,"humedad":57.00,"temperatura":29.00,"Nox":0.00391}
{"CO":163.98,"CO2":348.5,"humedad":57.00,"temperatura":29.00,"Nox":0.00395}
{"CO":165.76,"CO2":350.8,"humedad":57.00,"temperatura":29.00,"Nox":0.00397}
Desplazamiento automático No hay fin de línea 9600 baud
```

Figura 3.1: Datos adquiridos por la plataforma Arduino

3.1.2 Envío y almacenamiento de datos

En esta etapa se preparan los datos para ser enviados desde la plataforma Raspberry PI hacia una base de datos remota donde se almacenarán los datos, tal como se muestra en la Figura 3.2.



	id_medicion	id_componente	id_punto	valor	fecha	hora	estado
<input type="checkbox"/>	1	1	1	29	2017-08-21	08:00:23	NA
<input type="checkbox"/>	2	2	1	60	2017-08-21	08:00:23	NA
<input type="checkbox"/>	3	3	1	180.81	2017-08-21	08:00:23	NA
<input type="checkbox"/>	4	4	1	0.00411	2017-08-21	08:00:23	NA
<input type="checkbox"/>	5	5	1	492.2	2017-08-21	08:00:23	Alerta
<input type="checkbox"/>	6	1	1	29	2017-08-21	08:05:23	NA
<input type="checkbox"/>	7	2	1	60	2017-08-21	08:05:23	NA
<input type="checkbox"/>	8	3	1	182.06	2017-08-21	08:05:23	NA
<input type="checkbox"/>	9	4	1	0.00389	2017-08-21	08:05:23	NA
<input type="checkbox"/>	10	5	1	488.8	2017-08-21	08:05:23	Alerta
<input type="checkbox"/>	11	1	1	30	2017-08-21	08:10:23	NA
<input type="checkbox"/>	12	2	1	60	2017-08-21	08:10:23	NA
<input type="checkbox"/>	13	3	1	185.34	2017-08-21	08:10:23	NA
<input type="checkbox"/>	14	4	1	0.00386	2017-08-21	08:10:23	NA
<input type="checkbox"/>	15	5	1	487.3	2017-08-21	08:10:23	Alerta
<input type="checkbox"/>	16	1	1	30	2017-08-21	08:15:23	NA
<input type="checkbox"/>	17	2	1	59	2017-08-21	08:15:23	NA

Figura 3.2: Datos almacenados en la tabla medición de la base de datos SISMCA

3.1.3 Visualización de datos

Para mostrar los datos capturados por los sensores se dispone de una página web que muestra los niveles de las sustancias contaminantes en tiempo real de cada uno de los puntos de medición identificados en un mapa interactivo de la ciudad, también permite realizar consultas de mediciones anteriores y mostrar gráficos estadísticos, tal como se muestra en la Figura 3.3.

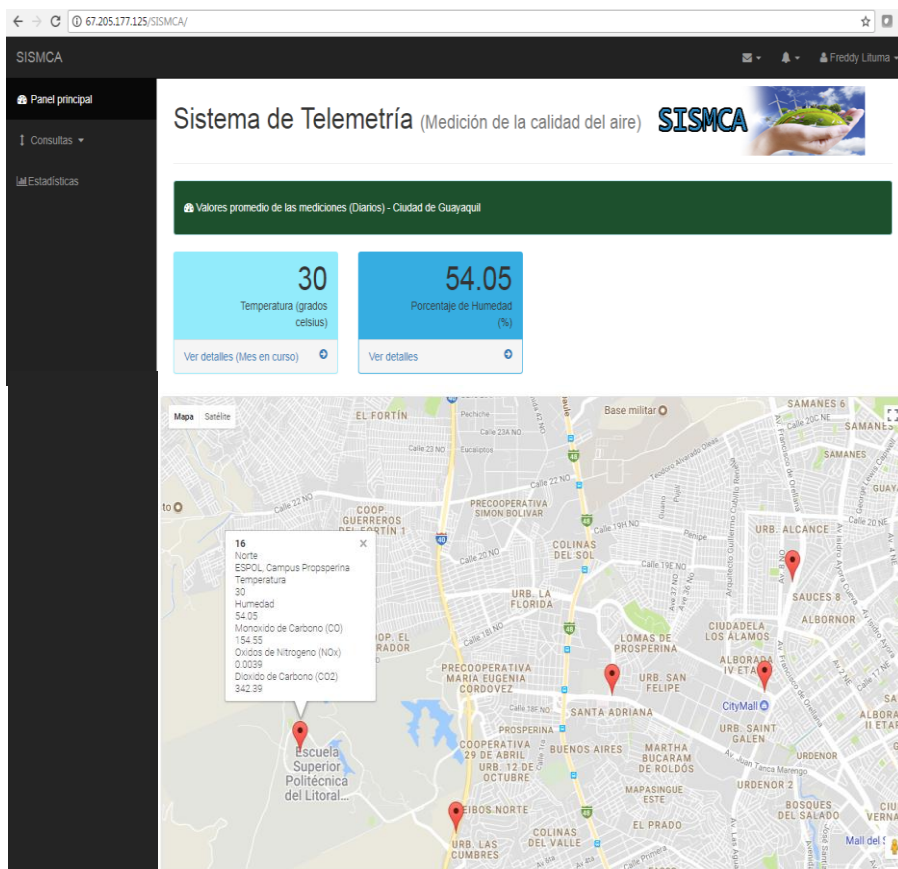


Figura 3.3: Página Web

Para realizar las pruebas del correcto funcionamiento del sistema de medición se tomaron 15 puntos estratégicos en Guayaquil, con el objetivo de evaluar la calidad del aire en dichos sectores.

En el Norte de la ciudad se realizaron mediciones en los sectores:

- Terminal Terrestre - Av. Benjamin Rosales
- City Mall
- Av. Isidro Ayora y Av. de Las Américas - Urdesa
- Victor Emilio Estrada y Av. las Monjas - Urdesa
- Av. Francisco de Orellana - Riocentro Norte
- Av. de las Américas - Universidad Laica

- Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL)

En el Centro de la ciudad se realizaron mediciones en los sectores:

- 9 de Octubre y Av. Quito
- Rumichaca entre 10 de Agosto y Junín
- Malecón Simón Bolívar y Colón
- Boyacá y 9 de Octubre

En el Este de la ciudad se realizaron mediciones en los sectores:

- Juan Tanca Marengo

En el Sur de la ciudad se realizaron mediciones en los sectores:

- Mall del Sur - Ernesto Albán Mosquera
- Capwell - Av. Quito


En el Oeste de la ciudad se realizaron mediciones en los sectores:

- Ceibos - Mc Donalds
- Perimetral - Ceibos Norte

Se han considerado los resultados para dos escenarios, uno donde el aire está limpio y el otro donde el aire presenta ciertos niveles de contaminación.

❖ Las mediciones en los alrededores del Terminal Terrestre fueron realizadas en horarios de la mañana donde existía bastante afluencia de tráfico vehicular y los resultados fueron los siguientes:

En la Figura 3.4 se presentan los datos obtenidos de Monóxido de Carbono, los datos adquiridos están alrededor de los 185ppm y se puede observar que son cercanos al umbral de 200ppm, lo que indica que el aire en dicho sector podría estar presentando ciertos niveles de contaminación en las horas donde circulan muchos vehículos.

Sistema de Telemetría (Medición de la calidad del aire) **SISMCA** 

Reporte de mediciones

Punto de medición: Terminal terrestre - Av Benjamin Rosales

Componente : Monóxido de Carbono (CO)

Desde : 2017-08-02 Hasta: 2017-09-01

Zona	Dirección	Componente	Fecha	Hora	Valor	Umbral	Estado
Norte	Terminal terrestre - Av Benjamin Rosales	Monóxido de Carbono (CO)	2017-08-21	08:00:23	180.81	200	NA
Norte	Terminal terrestre - Av Benjamin Rosales	Monóxido de Carbono (CO)	2017-08-21	08:05:23	182.06	200	NA
Norte	Terminal terrestre - Av Benjamin Rosales	Monóxido de Carbono (CO)	2017-08-21	08:10:23	185.34	200	NA
Norte	Terminal terrestre - Av Benjamin Rosales	Monóxido de Carbono (CO)	2017-08-21	08:15:23	187.23	200	NA

Figura 3.4: Reporte de la mediciones de CO – Terminal Terrestre

En la Figura 3.5 se presentan los datos obtenidos de Dióxido de Carbono, se observa que los datos adquiridos sobrepasan el umbral de 400ppm, sin embargo se considera una calidad del aire aceptable, ya que a partir de 2000ppm es que empieza a causar problemas como dolor de cabeza, insomnio, náuseas.

Sistema de Telemetría (Medición de la calidad del aire) **SISMCA** 

Reporte de mediciones

Punto de medición: Terminal terrestre - Av Benjamin Rosales

Componente : Dióxido de Carbono (CO2)

Desde : 2017-08-01 Hasta: 2017-09-01

Zona	Dirección	Componente	Fecha	Hora	Valor	Umbral	Estado
Norte	Terminal terrestre - Av Benjamin Rosales	Dióxido de Carbono (CO2)	2017-08-21	08:00:23	492.2	400	Alerta
Norte	Terminal terrestre - Av Benjamin Rosales	Dióxido de Carbono (CO2)	2017-08-21	08:05:23	488.8	400	Alerta
Norte	Terminal terrestre - Av Benjamin Rosales	Dióxido de Carbono (CO2)	2017-08-21	08:10:23	487.3	400	Alerta
Norte	Terminal terrestre - Av Benjamin Rosales	Dióxido de Carbono (CO2)	2017-08-21	08:15:23	485.9	400	Alerta
Norte	Terminal terrestre - Av Benjamin Rosales	Dióxido de Carbono (CO2)	2017-08-21	08:20:23	487.1	400	Alerta

Figura 3.5: Reporte de la mediciones de CO2 – Terminal Terrestre

En la Figura 3.6 se presentan los datos obtenidos de Óxidos de Nitrógeno, los datos adquiridos están por debajo al umbral de 0.01pmm, lo que indica que el aire en dicho sector no está contaminado por éstas partículas.

Sistema de Telemetría (Medición de la calidad del aire) **SISMCA** 

[Reporte de mediciones](#)

[Punto de medición:](#) Terminal terrestre - Av Benjamin Rosales

[Componente:](#) Oxidos de Nitrogeno (NOx)

[Desde:](#) 2017-08-01 Hasta: 2017-09-01

Zona	Direccion	Componente	Fecha	Hora	Valor	Umbral	Estado
Norte	Terminal terrestre - Av Benjamin Rosales	Oxidos de Nitrogeno (NOx)	2017-08-21	08:00:23	0.00411	0.01	NA
Norte	Terminal terrestre - Av Benjamin Rosales	Oxidos de Nitrogeno (NOx)	2017-08-21	08:05:23	0.00389	0.01	NA
Norte	Terminal terrestre - Av Benjamin Rosales	Oxidos de Nitrogeno (NOx)	2017-08-21	08:10:23	0.00386	0.01	NA
Norte	Terminal terrestre - Av Benjamin Rosales	Oxidos de Nitrogeno (NOx)	2017-08-21	08:15:23	0.00385	0.01	NA

Figura 3.6: Reporte de la mediciones de NOx – Terminal Terrestre

En la Figura 3.7 se presentan los datos obtenidos de Temperatura, los datos adquiridos están muy por debajo al umbral de 40°C, lo que indica que es una temperatura normal para la salud.

Sistema de Telemetría (Medición de la calidad del aire) **SISMCA** 

[Reporte de mediciones](#)

[Punto de medición:](#) Terminal terrestre - Av Benjamin Rosales

[Componente:](#) Temperatura

[Desde:](#) 2017-08-01 Hasta: 2017-09-01

Zona	Direccion	Componente	Fecha	Hora	Valor	Umbral	Estado
Norte	Terminal terrestre - Av Benjamin Rosales	Temperatura	2017-08-21	08:00:23	29	40	NA
Norte	Terminal terrestre - Av Benjamin Rosales	Temperatura	2017-08-21	08:05:23	29	40	NA
Norte	Terminal terrestre - Av Benjamin Rosales	Temperatura	2017-08-21	08:10:23	30	40	NA
Norte	Terminal terrestre - Av Benjamin Rosales	Temperatura	2017-08-21	08:15:23	30	40	NA
Norte	Terminal terrestre - Av Benjamin Rosales	Temperatura	2017-08-21	08:20:23	30	40	NA

Figura 3.7: Reporte de la mediciones de Temperatura – Terminal Terrestre

En la Figura 3.8 se presentan los datos obtenidos de Humedad, los datos adquiridos están alrededor de los 60% y se puede observar que son cercanos al umbral de 68%, lo que podría ser peligroso para las personas.

Altos porcentajes de humedad en el aire incrementan la posibilidad de adquirir enfermedades como sinusitis, asma y bronquitis, así como también la reproducción de microorganismos en dichas superficies húmedas.

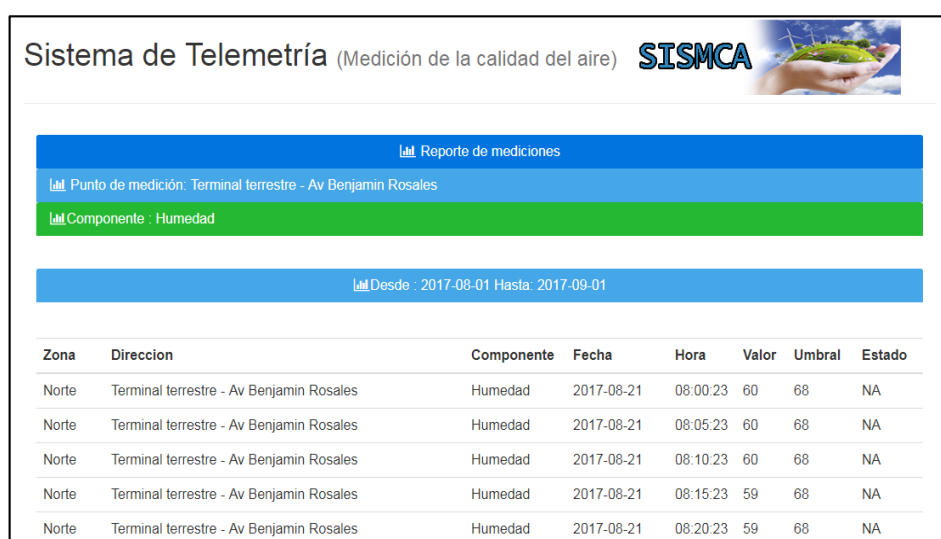



Figura 3.8: Reporte de la mediciones de Humedad – Terminal Terrestre

❖ Las mediciones en los alrededores de la ESPOL fueron realizadas en horarios de la tarde y los resultados fueron los siguientes:

En la Figura 3.9 se presentan los datos obtenidos de Monóxido de Carbono, los datos adquiridos están muy por debajo al umbral de 200pmm, lo que indica que la calidad del aire en dicho sector es muy buena.

Sistema de Telemetría (Medición de la calidad del aire) **SISMCA** 

Reporte de mediciones

Punto de medición: ESPOL, Campus Prosperina

Componente : Monoxido de Carbono (CO)

Desde : 2017-09-01 Hasta: 2017-09-01

Zona	Direccion	Componente	Fecha	Hora	Valor	Umbral	Estado
Norte	ESPOL, Campus Prosperina	Monoxido de Carbono (CO)	2017-09-01	17:06:02	148.95	200	NA
Norte	ESPOL, Campus Prosperina	Monoxido de Carbono (CO)	2017-09-01	17:06:06	148.95	200	NA
Norte	ESPOL, Campus Prosperina	Monoxido de Carbono (CO)	2017-09-01	17:06:09	146.58	200	NA
Norte	ESPOL, Campus Prosperina	Monoxido de Carbono (CO)	2017-09-01	17:06:11	147.17	200	NA
Norte	ESPOL, Campus Prosperina	Monoxido de Carbono (CO)	2017-09-01	17:06:14	147.66	200	NA

Figura 3.9: Reporte de la mediciones de CO – ESPOL

En la Figura 3.10 se presentan los datos obtenidos de Dióxido de Carbono, se observa que los datos adquiridos están alrededor del umbral de 400ppm, se considera una calidad del aire aceptable, ya que a partir de 2000ppm es que empieza a causar problemas como dolor de cabeza, insomnio, náuseas.

Sistema de Telemetría (Medición de la calidad del aire) **SISMCA** 

Reporte de mediciones

Punto de medición: ESPOL, Campus Prosperina

Componente : Dioxido de Carbono (CO2)

Desde : 2017-09-01 Hasta: 2017-09-01

Zona	Direccion	Componente	Fecha	Hora	Valor	Umbral	Estado
Norte	ESPOL, Campus Prosperina	Dioxido de Carbono (CO2)	2017-09-01	17:06:02	417.9	400	Alerta
Norte	ESPOL, Campus Prosperina	Dioxido de Carbono (CO2)	2017-09-01	17:06:06	417.9	400	Alerta
Norte	ESPOL, Campus Prosperina	Dioxido de Carbono (CO2)	2017-09-01	17:06:09	398.6	400	NA
Norte	ESPOL, Campus Prosperina	Dioxido de Carbono (CO2)	2017-09-01	17:06:11	403.4	400	Alerta

Figura 3.10: Reporte de la mediciones de CO2 – ESPOL

En la Figura 3.11 se presentan los datos obtenidos de Óxidos de Nitrógeno, los datos adquiridos están por debajo al umbral de 0.01pmm, lo que indica que el aire en dicho sector no está contaminado por éstas partículas.

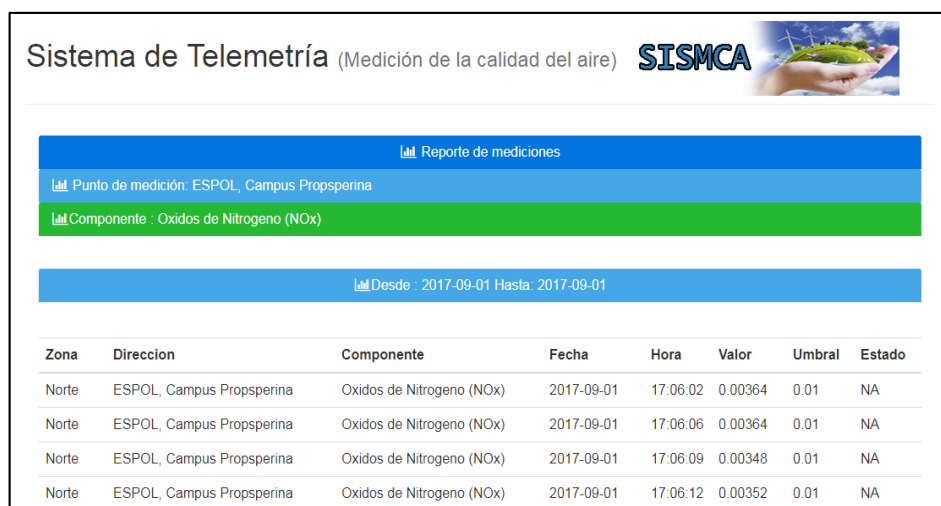


Figura 3.11: Reporte de la mediciones de NOx – ESPOL

En la Figura 3.12 se presentan los datos obtenidos de Temperatura, los datos adquiridos están muy por debajo al umbral de 40°C, lo que indica que es una temperatura normal para la salud.



Figura 3.12: Reporte de la mediciones de Temperatura – ESPOL

En la Figura 3.13 se presentan los datos obtenidos de Humedad, los datos adquiridos están alrededor de los 66% y se puede observar que son cercanos al umbral de 68%, lo que podría ser peligroso para las personas, ya que altos porcentajes de humedad en el aire incrementan la posibilidad de adquirir enfermedades como sinusitis, asma y bronquitis.

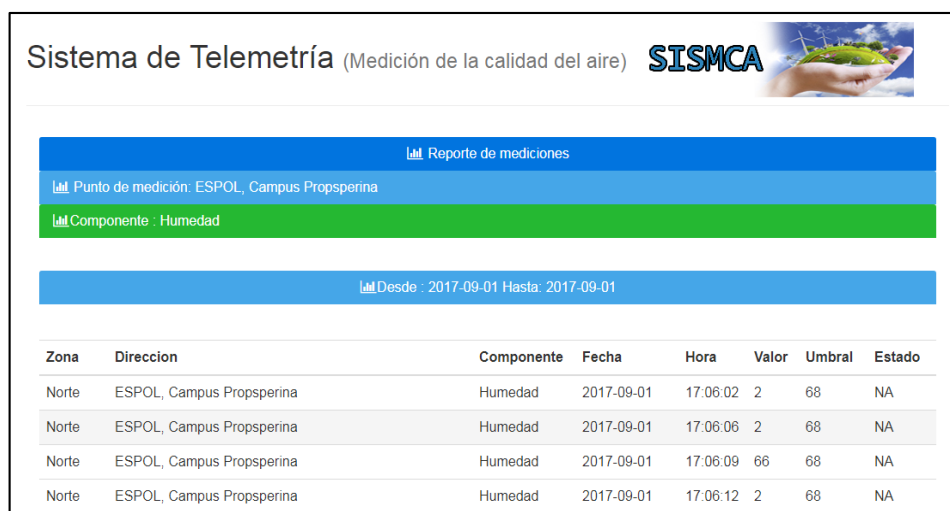


Figura 3.13: Reporte de la mediciones de Humedad – ESPOL

3.2 Gráficos estadísticos

Se muestra el gráfico de barras con un promedio de los valores de cada uno de los componentes para los diferentes sectores en la Zona Norte en el mes de Agosto.

En la Figura 3.14 se observa que los sectores con mayor contaminación de Monóxido de Carbono en el norte de Guayaquil son el sector del Terminal Terrestre y el sector de la Av. de las Américas a la altura de la Universidad Laica.

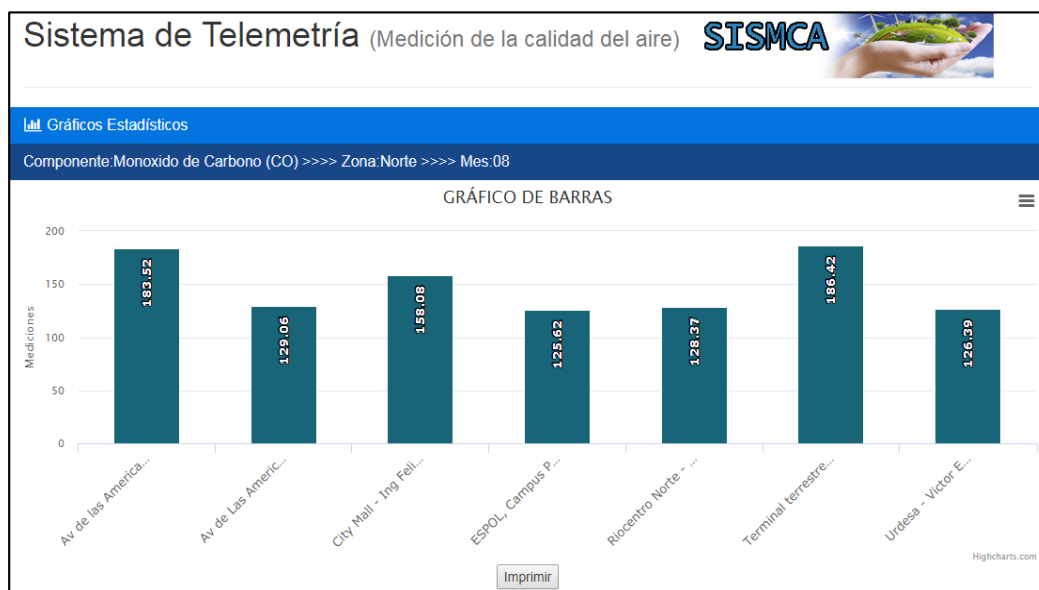


Figura 3.14: Gráfico estadístico de las mediciones de CO – Zona Norte

En la Figura 3.15 se observa que los sectores con mayor nivel de Dióxido de Carbono en el norte de Guayaquil son el sector del Terminal Terrestre, el sector de la Av. de las Américas a la altura de la Universidad Laica y el sector del City Mall.



Figura 3.15: Gráfico estadístico de las mediciones de CO2 – Zona Norte

En la Figura 3.16 se observa que los sectores con mayor nivel de Óxidos de Nitrógeno en el norte de Guayaquil son el sector del Terminal Terrestre y el sector de la Av. de las Américas a la altura de la Universidad Laica.

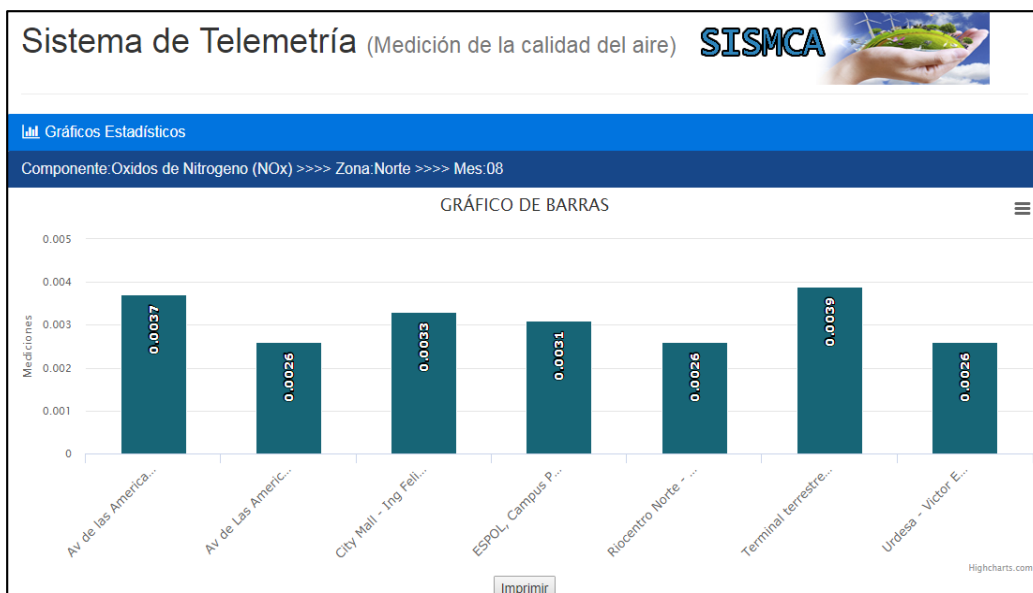


Figura 3.16: Gráfico estadístico de las mediciones de NOx – Zona Norte

En la Figura 3.17 se observa que la Temperatura en Guayaquil en Agosto se mantuvo uniforme, en el sector de la ESPOL se observa un cambio considerable debido a que las mediciones fueron hechas en un ambiente de oficina.

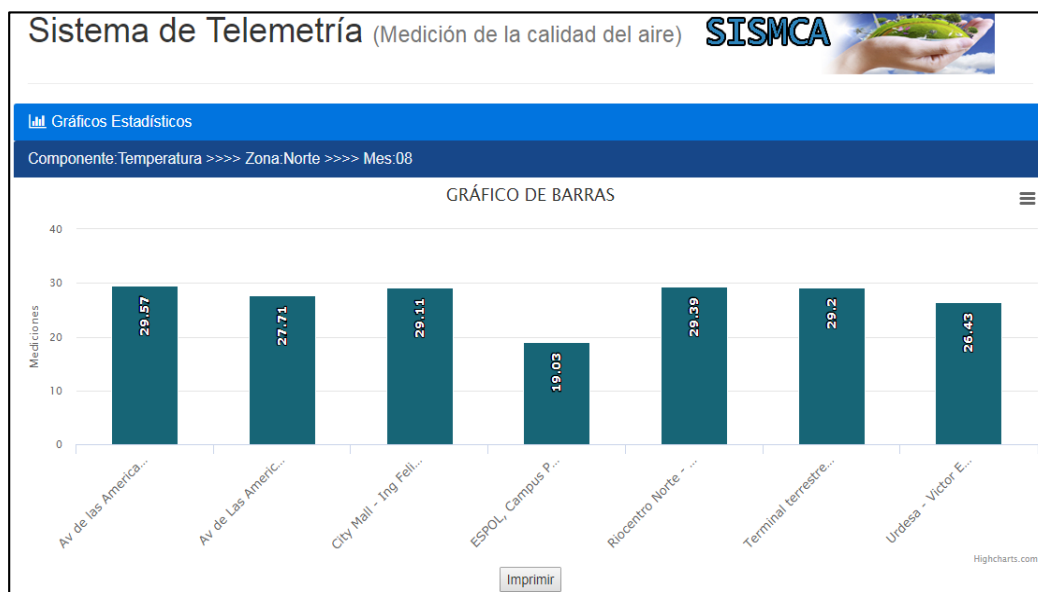


Figura 3.17: Gráfico estadístico de Temperatura – Zona Norte

En la Figura 3.18 se observa que la Humedad en la ciudad de Guayaquil está aproximadamente alrededor de los 58%, lo que indica que está dentro del rango normal para un buen vivir.

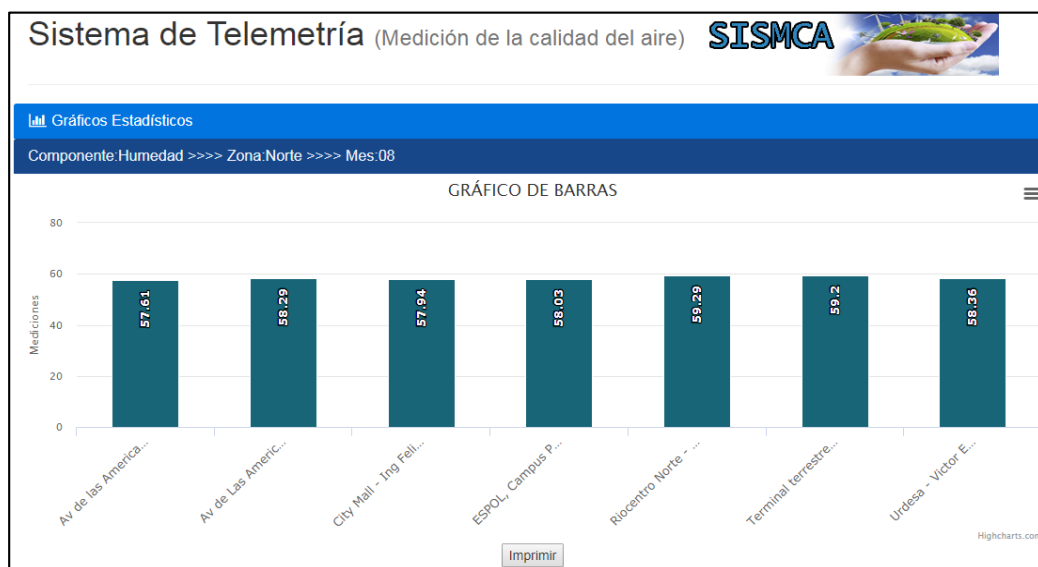


Figura 3.18: Gráfico estadístico de las mediciones de Humedad – Zona Norte

3.3 Costos de implementación

En la Tabla 2 se detallan los costos de cada componente utilizado en la implementación del sistema de medición.

COMPONENTES		
	Cantidad	Total
Sensor de Humedad y Temperatura DHT11	1	\$ 4,50
Sensor de Calidad del aire MQ-135	1	\$ 6,50
Sensor de Gas MQ-2	1	\$ 6,50
Raspberry Pi3	1	\$ 90,00
Arduino UNO	1	\$ 25,00
Display LCD 16x2	1	\$ 10,00
Fuente de alimentación	1	\$ 9,00
Caja para circuito	1	\$ 20,00
Cable Serial USB	1	\$ 4,00
Cables hembra-macho	10	\$ 2,50
	TOTAL	\$ 178,00

Tabla 2: Tabla de costos de componentes

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En base a los datos tomados en 15 sectores de Guayaquil, se puede concluir que en el norte en los sectores del terminal terrestre, av. de las Américas a la altura de la universidad Laica, Redondel del City Mall; en el centro en los sectores de la Av. Quito y 9 de octubre, la calle Rumichaca entre 10 de agosto y Junín; y en el sur en el sector del Mall del Sur entre las calles Ernesto Albán Mosquera y 25 de Julio los niveles de contaminación son cercanos a los umbrales en las horas pico, por lo que es fundamental tomar precauciones, ya que a futuro esto podría convertirse en un peligro para los habitantes de esos sectores si los niveles aumentan. También se pudo constatar que cuando hay poca afluencia de vehículos los niveles indican una calidad del aire aceptable para la salud.

Se pudo comprobar que en sectores como en la vía perimetral a la altura de la urbanización Ceibos Norte a pesar de que el flujo vehicular es considerable los niveles de contaminación no son tan elevados, debido a la presencia de árboles en los alrededores y a que es una vía de rápido acceso.

Se recomienda utilizar protocolos de seguridad para la conexión entre los dispositivos de medición y el servidor de base de datos para evitar que intrusos afecten la integridad del sistema.

Se recomienda desarrollar una aplicación Android que permita generar notificaciones a los usuarios cuando los niveles de contaminación superen los umbrales.

Se sugiere utilizar sensores con mayor sensibilidad para obtener lecturas más precisas en las mediciones.

Se aconseja realizar un mantenimiento correctivo y preventivo de los dispositivos de medición cada 3 meses con el propósito de asegurar que el sistema funcione correctamente.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Raspberry, (2010). Raspberry Pi [Online]. Disponible en: <https://www.raspberrypi.org/>
- [2] Aprendiendo Arduino, (2012). Arduino Uno [Online]. Disponible en: <https://aprendiendoarduino.wordpress.com/tag/datasheet/>
- [3] Temperature & Humidity. Liu, "aosong electronics co – DHT22," vol 22, pp. 1-10, 2015
- [4] DHT11 Humidity & Temperature Sensor, (2010). Dht11 [Online]. Disponible en: <http://www.micropik.com/PDF/dht11.pdf>
- [5] Electroingenio, (2017). Sensor MQ-2 [Online]. Disponible en: <http://www.electroingenio.net/sensor-mq-2/>
- [6] Zhengzhou winsen electronics technology, "toxic gas," pp.66-71,2014
- [7] Mechatronics, (2010). Sensores [Online]. Disponible en: http://www.naylampmechatronics.com/blog/42_Tutorial-sensores-de-gas-MQ2-MQ3-MQ7-y-MQ13.html
- [8] Raspbian, (2012). Welcome to Raspbian [Online]. Disponible en: <https://www.raspbian.org/>
- [9] Autónomos. (2015). Manuales de Software Mysql [Online]. Disponible en: <http://eautonomos.com/admin/SOFTWARE/xu0Ukp6TyK.pdf>
- [10] E. Etermad, (2011.Mayo, 12). Wide Web Consortium [Online]. Disponible en: <http://www.w3.org/TR/css-2010/#css>
- [11] S. Luján Mora, (2002). Programación de aplicaciones web: historia, principios básicos y clientes web. Editorial Club Universitario. España
- [12] PHP, (2016). ¿Qué es php? [Online]. Disponible en: <http://php.net/manual/es/intro-what-is.php>

[13] Ciencias de la Tierra y del Medio Ambiente, (2012). Sustancias que contaminan la atmósfera [Online]. Disponible en: <http://www4.tecnun.es/asignaturas/Ecologia/Hipertexto/10CAtm1/200Conta.htm>