

# Analizador básico de gases para emisiones vehiculares

## Basic gas analyzer for vehicle emissions

Samantha Ortega<sup>1</sup>, Carlos Valdés<sup>1</sup>, Chris Iglesias<sup>1</sup>, Celine Rodríguez<sup>1</sup>, Victoria Serrano<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Facultad en Ingeniería Eléctrica, Centro Regional de Chiriquí, Universidad Tecnológica de Panamá

**Resumen** En la presente investigación se desarrolló el prototipo de un analizador básico de gases para emisiones vehiculares propuesto por Johan Julián Molina M., et al. con el cual en investigaciones anteriores se ha evaluado la concentración de gases: hidrocarburos (HC), monóxido de carbono (CO) y dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>). En el presente estudio se modificó el prototipo, siendo orientado a un solo vehículo y anexándose sensores que miden la concentración de dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>) y dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>). El ensayo consta de diez (10) mediciones realizadas por triplicado, en dos modelos de motores diferentes. Al mismo tiempo, se implementó comunicación inalámbrica e interpretación de datos en dispositivos que manejan el sistema operativo Android. El análisis estadístico de la base de datos recolectados indica que existe una correlación directa entre la emisión de gases con respecto al tiempo de combustión. Además, se observó que la humedad y la temperatura no influyen significativamente en la emisión de los gases analizados.

**Palabras clave** Analizador de gases, concentración de gases (ppm), emisiones vehiculares, sensores de gas, tiempo de combustión.

**Abstract** In the present research, the prototype of a basic gas analyzer for vehicle emissions proposed by Johan Julián Molina M., et al. was developed. Some previous investigations have been conducted to evaluate the concentration of the following gases: hydrocarbons (HC), carbon monoxide (CO) and carbon dioxide (CO<sub>2</sub>). In the present study the prototype was modified by being oriented to a single vehicle and attaching sensors that measure the concentration of nitrogen dioxide (NO<sub>2</sub>) and sulfur dioxide (SO<sub>2</sub>). The test consists of ten (10) measurements made in triplicate, in two different engine models. At the same time, wireless communication and data interpretation on devices that run the Android operating system was implemented. The statistical analysis of the collected database indicates that there is a direct correlation between gas emissions with respect to the combustion time. Also, it was observed that humidity and temperature do not significantly influence the emission of the analyzed gases.

**Keywords** Gas analyzer, gas concentration (ppm), vehicles emissions, gas sensors, combustion time.

\*Corresponding Author: victoria.serrano@utp.ac.pa

## 1. Introducción

La Organización Mundial de la Salud (OMS) estimó en el 2016 que el 91% de la población mundial vivía en lugares donde no se respetaban los parámetros de calidad del aire saludable; según estimaciones realizadas el mismo año esta contaminación atmosférica fue responsable de 4,2 millones de defunciones prematuras en todo el mundo [1]. Debido a esto se estudió las repercusiones de estos gases sobre la salud y se mostró un aumento en los síntomas de bronquitis debido a la exposición al NO<sub>2</sub>, además de la disminución de la función pulmonar e inflamación del sistema respiratorio. Una evaluación realizada por el Centro Internacional de Investigaciones sobre el Cáncer de la OMS destacó una estrecha relación entre las partículas de aire contaminado y la creciente incidencia de cáncer de pulmón [2]. En consecuencia, esta investigación indicó los valores fijos de emisiones anuales que debe cumplir una región para proteger la salud de sus habitantes. Igualmente se manifiesta que el 90% de la contaminación atmosférica en la ciudad de Panamá se debe a emisiones vehiculares, causando a su vez afectaciones en la salud de los ciudadanos provocando inflamaciones respiratorias y cambios en la función pulmonar [3].

En vista del crecimiento que ha tenido el país en los últimos años, la densidad de la población ha aumentado un 1.8%, al mismo tiempo que la densidad de los vehículos. Por otro lado, en el país circulan 1,221,999 automóviles emitiendo un promedio de 1,488,86 Gg de CO<sub>2</sub> anualmente [4]. En consecuencia, se han buscado distintas soluciones para resolver este gran problema iniciando con la adopción de una serie de reglamentos dirigidos a los rangos de emisiones permitidas y cómo disminuirlas. En el caso de Panamá se crearon regulaciones publicadas en la gaceta oficial, el 15 de junio del 2009 [5]. El presente decreto ejecutivo estableció las entidades responsables de salvaguardar la calidad del aire y los límites permisibles de emisiones de gases tóxicos al aire producidas por vehículos automotores. Este establecimiento tiene la finalidad de garantizar la salud de la población, los recursos naturales y la calidad del ambiente de la contaminación atmosférica. Los límites permitidos son los siguientes: para motores de gasolina un máximo de 0.5% de CO y un mínimo de 12.5% de CO<sub>2</sub> [5].

Posteriormente en el 2015 Panamá firmó el Acuerdo de París donde se estipula que todas las partes de este acuerdo se comprometen a comunicar su contribución nacional de

gases de efecto invernadero cada cinco años donde cada uno ha de justificar su contribución [6]. Hay que tener en cuenta que, con el fin de cuantificar y registrar los datos recolectados para conocer si la calidad del aire se encuentra dentro de los rangos permitidos, se inicia el desarrollo e implementación de analizadores de gases. Sin embargo, estos dispositivos son costosos. Por esta razón en el 2016 se creó el diseño de un dispositivo y se implementó un instrumento analizador básico de gases con sensores de Dióxido de carbono ( $CO_2$ ), Monóxido de carbono ( $CO$ ) y Compuestos Orgánicos Volátiles (VOC), con una tarjeta que interpretaba los valores medidos [7]. En este proyecto se desarrolló, además, una aplicación para sistema operativo Android que recibía estos datos de forma detallada y sencilla, monitoreando la cantidad de gases emitidos de modo que se buscaba la protección del ser humano y del medio ambiente.

Otro dispositivo diseñado con la misma función determinaba la concentración de  $CO_2$ ,  $CO$ ,  $O_2$  y  $NO_2$ . A diferencia del primer dispositivo, este contenía celdas electromagnéticas encargadas de medir los gases emitidos, contenía un puerto que estaba en comunicación con los siguientes dispositivos: un flujómetro de combustible, un escáner automotriz, un inversor de potencia y un GPS. Este dispositivo iba conectado al vehículo al que se le realizaba la prueba y sus resultados fueron más específicos y detallados. En el mismo mostraba la cantidad de gases, el flujo de combustible (ida y vuelta), duración de la prueba, distancia recorrida y temperatura [8]. Aunque con los dispositivos anteriores se ha intentado ser lo más precisos posibles y con el menor costo, no se han logrado estos objetivos. Con el primer dispositivo [7], se evaluaron tres gases y la metodología de medición utilizada fue la más exacta dado que se llevaron a cabo de manera aislada. Mientras que, con el segundo, donde sí se realizaba la medición de los gases faltantes, algunos factores del entorno influían en la calidad de los datos y en ambos casos, los costos de sus componentes eran exuberantes. Por lo cual sería ideal realizar la recolección de todos los gases que aportan a las emisiones vehiculares de manera aislada y obtener datos lo más precisos posibles, con un costo accesible para el consumidor público.

Con el fin de cumplir con el objetivo de cuantificar y registrar los datos de la manera más precisa, en este estudio se presenta el desarrollo de un prototipo al que se le incorporó la medición de dióxido de nitrógeno ( $NO_2$ ) y dióxido de azufre ( $SO_2$ ) emitidos por vehículos con motor de gasolina y diésel, que también son tóxicos y causantes de diversas enfermedades. El mismo se realizó con la placa Arduino Mega, sensores de los gases mencionados y sensores de temperatura y humedad. Este proyecto tenía la finalidad de concienciar a la población del daño causado por el uso indiscriminado de combustibles fósiles. Para ello se logró la implementación de una aplicación que recolectaba los datos en un tiempo relativamente corto y un dispositivo de costo accesible para el usuario. Además, se buscaba realizar un aporte al informe de contribución nacional que debe presentar Panamá cada cinco años para que se

propongan posibles soluciones para la mitigación o disminución de las emisiones de gases vehiculares.

El presente artículo está conformado por las siguientes secciones: en la sección 2, se describen los materiales y métodos utilizados en la elaboración del proyecto. En la sección 3 se presentan los resultados y el análisis de estos junto con la discusión. Por último, en la sección 4 se presentan las conclusiones obtenidas de este proyecto.

## 2. Materiales y métodos

### 2.1 Materiales

#### 2.1.1 Arduino Mega 2560 Rev3

El modelo que se utilizó para una mayor compatibilidad con los sensores a utilizar fue la Arduino Mega 2560 Rev3 presentado en la figura 1.



Figura 1. Arduino Mega 2560 Rev3 utilizada en el proyecto.

#### 2.1.2 Sensor digital de gas $NO_2$ (SPEC sensors)

El sensor  $NO_2$ , que muestra la figura 2, es de baja potencia – 100  $\mu W$ , ofrece una respuesta rápida de salida compensada mayor a 30 segundos.



Figura 2. Sensor digital de dióxido de nitrógeno marca sensors SPEC [9].

En la tabla 1 se presentan las especificaciones del sensor de dióxido de nitrógeno.

Tabla 1. Especificaciones del sensor Dgs-No2 968-043 [9]

Características de rendimiento de medición	
Basado en condiciones estándares 25 °C, 50% RH y 1 atm	
Rango de medición	0 a 5 ppm
Resolución	20 ppb
Precisión de medición	15% de lectura
Repetibilidad de medición	± 3% de lectura
Tiempo de respuesta de T90 (paso de 100 ppm)	<30 segundos
Consumo de energía	100 µW en modo reposo. 14 mW en modo de medición
Rango de temperatura de funcionamiento	-20 a 40 °C (-30 a 55 °C intermitente)
Rango de humedad de funcionamiento	15 a 95% (0 a 100% no considerado intermitente)

### 2.1.3 Sensor digital de gas DGS-SO<sub>2</sub> (SPEC sensors)

Este sensor, como se observa en la figura 3, tiene un muestreo de bajo consumo, salida compensada y respuesta rápida en un minuto.



Figura 3. Sensor digital de dióxido de azufre marca SPEC.

En la tabla 3 se presentan las especificaciones del sensor de dióxido de azufre [10].

Tabla 2. Especificaciones del sensor Dgs-So2 968-038

Basado en condiciones estándares 25 °C, 50% RH y 1 atm	
Rango de medición	0 a 20 ppm
Resolución	50 ppb
Precisión de medición	15% de lectura
Repetibilidad de medición	± 3% de lectura
Tiempo de respuesta de T90 (paso de 100 ppm)	<30 segundos
Consumo de energía	1 mW para 1 minutos activados muestras. 12 mW para muestras continuas 5, 10, 30, 60 intervalo de segundos
Rango de temperatura de funcionamiento	-20 a 40 °C (-30 a 55 °C intermitente)
Rango de humedad de funcionamiento	15 a 95% (0 a 100% no considerado intermitente)

### 2.1.4 Módulo de temperatura y sensor de humedad KY-015

Este módulo consta de un sensor digital de humedad y temperatura DHT11 y una resistencia de 1 kΩ. El DHT11, que se muestra en la figura 4. Usa un termistor interno y un sensor capacitivo de humedad para determinar las condiciones del entorno.



Figura 4. Módulo de temperatura y humedad para Arduino.

### 2.1.5 Módulo sensor MQ-7 de monóxido de carbono

Este es un sensor fácil de usar para detección de monóxido de carbono (CO). El MQ-7, que se observa en la figura 5, puede detectar concentraciones en el rango de 20 a 2000ppm [11].

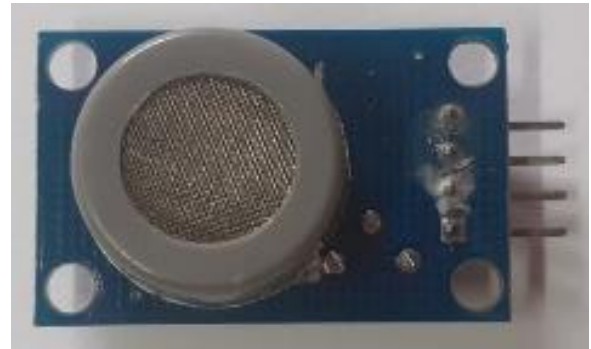


Figura 5. Sensor de Monóxido de Carbono para Arduino.

### 2.1.6 MG811 CO<sub>2</sub> Sensor de dióxido de carbono

Este sensor, observado en la figura 6, está diseñado para para capturar el CO<sub>2</sub> en el ambiente, puede leer concentraciones desde 350 a 100000ppm (partes por millón) [12].



Figura 6. Sensor de dióxido de carbono para Arduino.



### 2.1.7 Módulo de bluetooth HC-06

El módulo bluetooth HC-06, que se presenta en la figura 7, utiliza el protocolo UART RS 232 serial [13].



Figura 7. Módulo de bluetooth para Arduino.

### 2.2 Diseño eléctrico del dispositivo

En el diseño propuesto se conectaron cinco (5) sensores al circuito para su funcionamiento. Para la realización de este diseño, se utilizó un simulador de libre acceso llamado Fritzing versión 0.9.3b. En la figura 8 se muestra la vista de placa de pruebas del circuito diseñado para el dispositivo del proyecto.

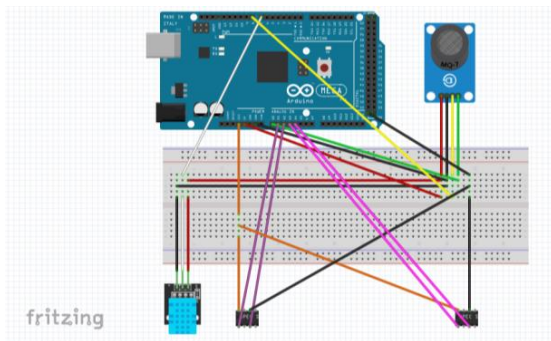


Figura 8. Simulación del circuito en Fritzing.

### 2.3 Programación del prototipo

La integración de los cinco sensores necesarios en el dispositivo para el funcionamiento depende principalmente de la programación. La figura 9 muestra el diagrama de flujo de la programación diseñada para el dispositivo, la captación de datos y la presentación de estos en tiempo real.

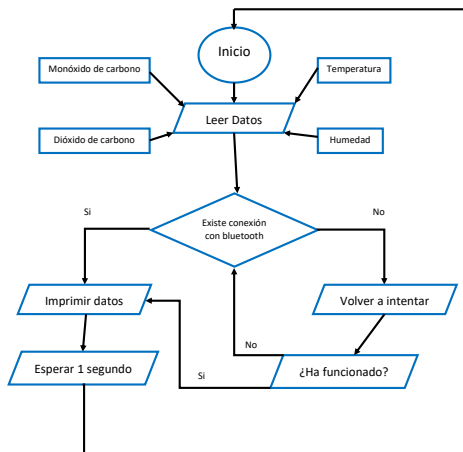


Figura 9. Diagrama de flujo de la programación ejecutada hasta el momento con los sensores obtenidos.

### 2.4 Descripción del analizador de emisiones

Analizador de emisiones es el App que se creó para Android, sistema operativo que se emplea en dispositivos móviles. Se destaca por su seguridad ya que posee poca vulnerabilidad en su estructura; además, puede adaptarse a múltiples resoluciones de pantallas y soporta conexiones *wifi*, *bluetooth*, entre otras [14].

Para la creación de esta aplicación se utilizó Eclipse SDK versión 3.1, que emplea lenguaje de programación Java, base de las aplicaciones para sistema operativo Android. Esta herramienta es recomendable por ser libre y soportada por Google.

La aplicación móvil tiene la funcionalidad de recibir los datos adquiridos por el dispositivo y transmitirlos en tiempo relativamente corto. Esto es posible porque están conectados por un módulo bluetooth HC-06 y con esta idea se creó el código adecuado de programación. La aplicación consta de las siguientes características:

- Ícono ilustrativo (figura 10).
- Obtención de resultados: nos muestra en tiempo relativamente corto los datos obtenidos por cada uno de los sensores implementados (figura 11).



Figura 10. Ícono ilustrativo de la aplicación.



Figura 11. Obtención de datos.

### 2.5 Calibración del equipo

La metodología aplicada para la calibración de los sensores utilizados en el diseño del analizador de gases fue el diseño experimental. En el caso del módulo de temperatura y humedad se comparó la data obtenida de la programación con la que registraban dispositivos de asertividad comprobada. En este caso, fue utilizado un termómetro infrarrojo digital donde no se observó diferencias numéricas entre ambos dispositivos. En el caso de los sensores de los diversos gases estudiados estaban calibrados de fábrica.

Luego de culminar con el ensamble y las pruebas de funcionalidad del dispositivo se procedió a conectar el mismo con la aplicación Android “Analizador de gases” por medio del módulo de bluetooth para la obtención de datos en tiempo relativamente corto.

### 3. Resultados y discusión

Se llevaron a cabo diferentes pruebas de funcionalidad determinado por el parámetro de tiempo de 30 minutos, conectando el dispositivo a la aplicación y la placa controladora al computador por comunicación USB. Los datos obtenidos desde que se enciende el vehículo se agruparon en intervalo de tres y dos minutos. Luego, se recolectaron diez valores que fueron analizados posteriormente por el programa Excel versión Office 16, aplicando un análisis de correlación entre las variables de temperatura, humedad, tiempo y concentración de gases.

Las mediciones se realizaron por triplicado en cada auto donde se observó que el comportamiento de la concentración de los gases emitidos en días diferentes se repetía por lo cual los datos presentados por el dispositivo son considerados estables y confiables. Una de las limitantes presentadas fue la temperatura en la que trabajan los sensores utilizados ya que no permitió realizar mediciones con un mayor intervalo de tiempo.

El análisis de correlación entre la humedad y temperatura indica un valor de  $r = 0$  con respecto a la concentración de gases, indicando que no existe una relación entre ellas. En cambio, el tiempo y la concentración de los gases tienen un valor de correlación  $r = 1$  lo que nos indica una correlación entre dichas variables.

El vehículo de combustible de 95 octanos proporcionó los datos presentados en la tabla 3.

Tabla 3. Emisiones del Chevrolet Spark de 2007

Emisiones del Chevrolet Spark 2007						
Tiempo (min)	Temperatura (°C)	Humedad (%)	Nivel de CO (ppm)	Nivel de CO <sub>2</sub> (ppm)	Nivel de SO <sub>2</sub> (ppm)	Nivel de NO <sub>2</sub> (ppm)
3	32.00	91.5	48	557	28616	52866
6	31.00	91.5	48	436	27564	54018
9	34.00	91.5	60	598	26474	53347
12	37.50	100	64	446	29655	49918
15	34.50	87.5	74	450	29509	50093
18	32.00	82.0	71	578	27903	53672
21	33.00	80.0	72	589	28270	52508
24	31.50	81.0	65	587	28150	53570
27	32.00	85.0	62	388	28340	53275
30	33.00	73.5	54	391	28462	52408

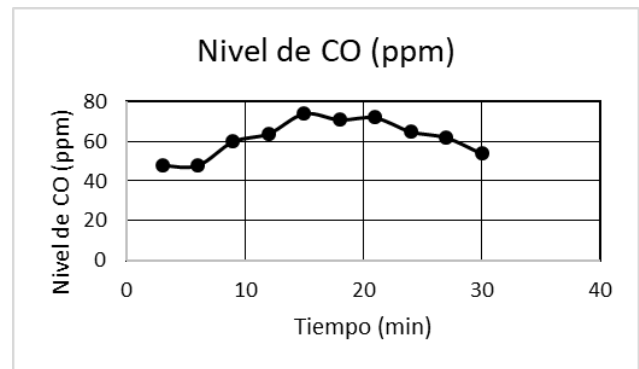


Figura 12. Concentración de CO en las emisiones del Chevrolet Spark.

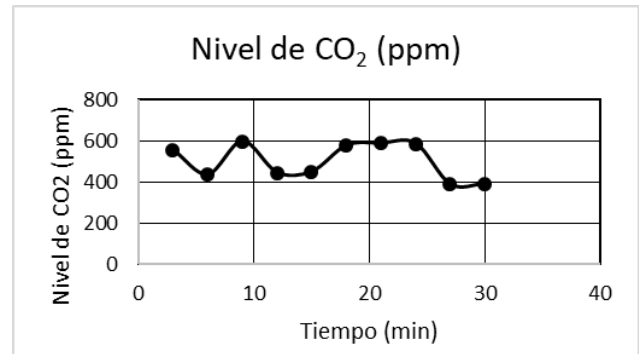


Figura 13. Concentración de CO<sub>2</sub> en las emisiones del Chevrolet Spark.

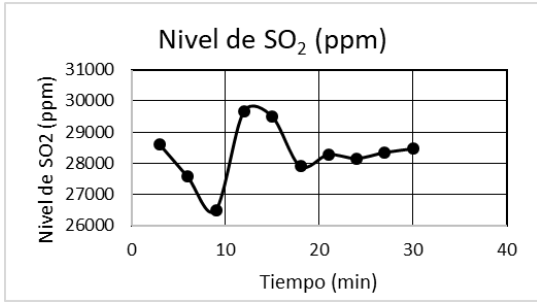


Figura 14. Concentración de SO<sub>2</sub> en las emisiones del Chevrolet Spark.

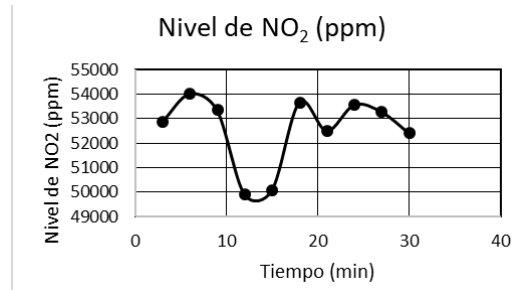


Figura 15. Concentración de NO<sub>2</sub> en las emisiones de Chevrolet Spark.

En los resultados presentados en las figuras 12, 13, 14 y 15 se observa la ausencia de una línea de tendencia de los gases analizados con relación al tiempo en el auto que utiliza gasolina de 95 octanos (Chevrolet Spark). Por lo tanto, su comportamiento parece ser aleatorio dentro de las mediciones realizadas. Se observa una diferencia numérica en concentración de los gases donde el dióxido de carbono es 10 unidades mayor, mientras que el dióxido de azufre y el dióxido de nitrógeno son 30 unidades mayores con respecto al monóxido de carbono.

El vehículo de motor diésel proporcionó los datos presentados en la tabla 4.

Tabla 4. Emisiones del Mitsubishi L200 de 2003

Emisiones del Mitsubishi L200 2003						
Tiempo (min)	Temperatura (°C)	Humedad (%)	Nivel de CO (ppm)	Nivel de CO <sub>2</sub> (ppm)	Nivel de SO <sub>2</sub> (ppm)	Nivel de NO <sub>2</sub> (ppm)
2	36.0	77.0	91	403	46940	36180
4	44.0	56.0	88	422	45193	38010
6	46.0	74.5	87	429	43600	37661
8	48.0	46.0	84	428	42235	36969
10	49.0	43.3	83	434	42140	36938
12	50.0	41.0	82	427	41136	37448
14	50.3	41.0	80	431	40496	36563
16	50.0	42.3	79	425	41213	37302
18	50.0	41.0	78	421	40951	36940
20	51.0	41.0	77	427	40292	36859

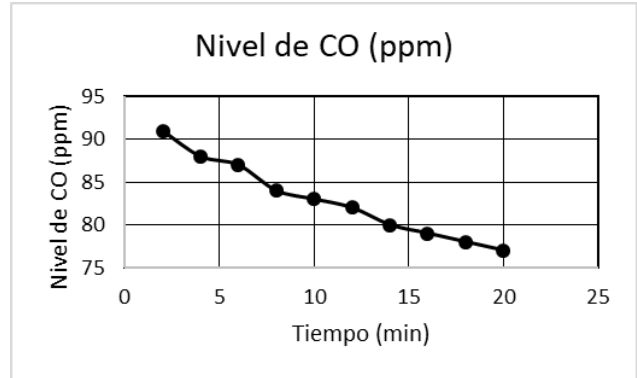


Figura 16. Concentración de CO en las emisiones del Mitsubishi L200.

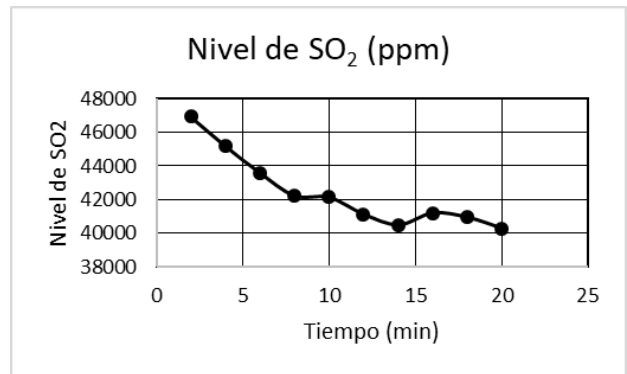


Figura 17. Concentración de SO<sub>2</sub> en las emisiones del Mitsubishi L200.

En el caso del combustible diésel (Mitsubishi L200) con respecto a la concentración de CO y SO<sub>2</sub>, presentada en las figuras 16 y 17, se observa una línea de tendencia dirigida a la disminución de la concentración de los gases a medida que aumenta el tiempo.

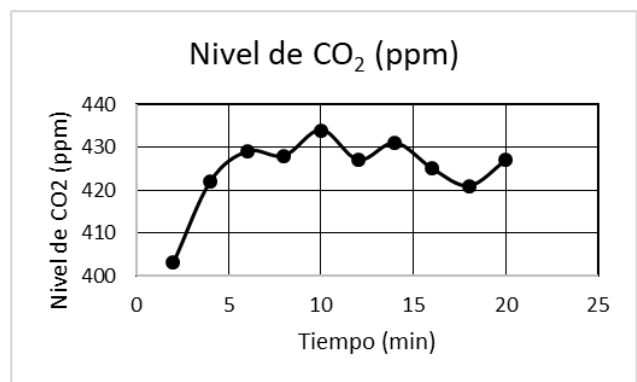


Figura 18. Concentración de CO<sub>2</sub> en las emisiones del Mitsubishi L200.

En la figura 18 se presenta que la tendencia del CO<sub>2</sub> se incrementa inicialmente hasta alcanzar su estabilidad en función del incremento del tiempo.

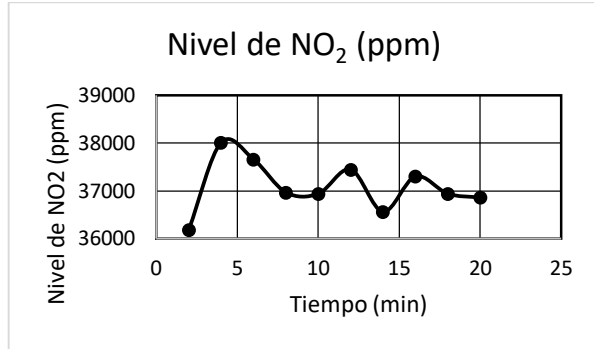


Figura 19. Concentración de NO<sub>2</sub> en las emisiones del Mitsubishi I200.

La concentración a NO<sub>2</sub>, presentada en la figura 19, muestra valores aleatorios; es decir, no presenta una línea de tendencia de los valores.

Comparando ambos combustibles se observó que el automóvil de motor diésel emite una concentración de gas CO (91 ppm) mayor que el automóvil de gasolina de 95 octanos (48 ppm), el cual disminuye a 77 ppm al transcurrir 20 minutos; en cambio el motor de 95 octanos llega a un punto máximo de emisión a los 15 minutos de 75 ppm y comienza a decrecer hasta 72 ppm al transcurrir 20 minutos. Esto indicó que la concentración de dicho gas emitido por ambos tipos de combustible tiende a disminuir en función del tiempo.

Con respecto a la concentración de CO<sub>2</sub> emitido por ambos tipos de combustible se puede señalar que el automóvil de 95 octanos llega a emitir concentraciones máximas de 598 ppm y mínima de 436 ppm; mientras que el motor diésel emitió una concentración mínima de 403 ppm, hasta llegar a un punto máximo de estabilidad de aproximadamente 434 ppm. En base a dichos datos se logra indicar una mayor emisión numérica de gas por parte del auto de 95 octanos.

El SO<sub>2</sub> emitido por el motor diésel tiene una concentración inicial de 46940 ppm, con una tendencia de decaimiento, hasta 4092 ppm a los 30 minutos. En cambio, el motor de 95 octanos presentó variaciones aleatorias con un máximo de 29655 ppm y mínimo de 26474 ppm. En este caso se señala que debido al comportamiento aleatorio de uno de los combustibles no se puede indicar cuál emite menos concentración del gas.

Los dos tipos de combustibles presentan valores con comportamiento aleatorio de NO<sub>2</sub>. El diésel emite valores máximos y mínimos de 38010 ppm y 36180 ppm, respectivamente. Por otro lado, el combustible de 85 octanos alcanza concentraciones máximas de 54018 ppm y mínimas de 49918 ppm.

#### 4. Conclusiones

- Con los resultados obtenidos hasta el momento de la implementación del prototipo en el vehículo de motor diésel se puede apreciar una tendencia a la estabilidad del vehículo después de los 20 minutos, mientras que el vehículo con gasolina de 95 octanos no presentaba línea de tendencia ni siquiera al transcurrir un periodo de 30 minutos.

- La adición de dos sensores, al prototipo de un analizador de gases común para la medición de NO<sub>2</sub> y SO<sub>2</sub>, permitió determinar la concentración emitida por los vehículos de gasolina de 95 octanos y diésel
- Con la aplicación Android desarrollada se logró captar los datos en tiempo relativamente corto.
- A través del análisis de datos se observó una relación de los gases con respecto al tiempo, además de la inexistencia de una correlación entre la emisión de los gases, la temperatura y la humedad.
- Entre el trabajo a futuro se propone la adición de un sistema de enfriamiento al dispositivo para permitir un mayor intervalo de tiempo en las mediciones.

#### AGRADECIMIENTOS

A la Mgrs. Misay Herrera, el Mgrs. Manuel Dixon, el Lic. Iván Rodríguez y el Lic. Carlos Valdés por sus conocimientos brindado durante el diseño e implementación del dispositivo desarrollado y análisis de datos en este proyecto.

Asimismo, a Adrián Quintero y Alain Castillo por permiternos implementar el dispositivo desarrollado en sus vehículos con el fin de desarrollo de este proyecto de investigación.

#### REFERENCIAS

- [1] Organización Mundial de la Salud, "Ambientes saludables y prevención de enfermedades-Actualización", 2016.
- [2] Organización Mundial de la Salud, "Guías de calidad del aire de la OMS relativas al material particulado, el ozono, el dióxido de nitrógeno y el dióxido de azufre", 2005.
- [3] M. Singh y J. Fábrega, "Aproximación espacial de concentraciones de gases producto de fuentes móviles de la ciudad de Panamá, utilizando sistemas de información geográfica", Revista de I+D Tecnológico, vol. 12, n° 2, pp. 68-79, 11 octubre 2016.
- [4] Autoridad Nacional del Ambiente, "Primera comunicación nacional sobre cambio climático", Panamá.
- [5] Ministerio de Economía y Finanzas, "Decreto Ejecutivo No. 38 "Por el cual se dictan Normas Ambientales de Emisiones para Vehículos Automotores"", 2009.
- [6] Naciones Unidas, "Acuerdo de París", París, 2015.
- [7] J. Molina, A. Gutiérrez y M. Pablo., "Diseño e implementación de un analizador básico de gases para emisiones vehiculares (HC, CO y CO<sub>2</sub>), desarrollado bajo la plataforma Android", Revista Ingeniería y Región, vol. 15, n° 1, pp. 57-64, 2016.
- [8] E. Albán y J. López, "Desarrollo y validación de un método para la determinación de factores de emisión vehicular mediante pruebas a bordo en la ciudad de Quito", Quito, 2010.
- [9] SENSORS, SPEC, "NO2 Nitrogen Dioxide Sensor 5 ppm", 2017. [En línea]. Disponible: <https://www.spec-sensors.com/product/no2-sensor/>.
- [10] SENSOR, SPEC, "DGS-SO2968-038 DigitalGas Sensor-SulfurDioxide", Marzo 2017. [En línea]. Disponible: <https://www.spec-sensors.com/wp-content/uploads/2017/01/DGS-SO2-968-038.pdf>.
- [11] N. mechatronics, "NAYLAMP mechatronics", [En línea]. Disponible: <https://cdmxelectronica.com/producto/modulo-ky-015-sensor-de-temperatura-y-humedad/>.

- [12] Sandbox Electronics, "MG811 CO2 Sensor", [En línea]. Disponible: <http://sandboxelectronics.com/files/SEN-000007/MG811.pdf>.
- [13] Electronica, Carrod, "Carrod Electrónica", [En línea]. Disponible: <https://www.carrod.mx/products/modulo-bluetooth-zs-040-hc-05>.
- [14] J. Pérez, "Definicion de", 2015. [En línea]. Disponible: <https://definicion.de/android/>.