

NARIZ ELECTRÓNICA INALÁMBRICA MÓVIL CON MONITOREO EN TIEMPO REAL

ELECTRONIC NOSE WIRELESS MOBILE WITH REAL TIME MONITORING

Autores

Abel Montenegro; Melvin Trejos y César Araúz

RESUMEN

En este artículo se presenta el diseño, construcción y funcionamiento de un dispositivo móvil de detección de gases o Nariz electrónica, con capacidad de ser controlado y monitoreado en tiempo real de manera remota vía WiFi. En primer lugar, se presentan los componentes principales de la nariz electrónica, como lo son sensores de gas y las tarjetas controladoras, que permiten la comunicación y el monitoreo de forma inalámbrica y en tiempo real. Seguido tenemos el diseño mecánico conformado por servomotores, ruedas y chasis, que permiten el acople de la nariz electrónica y le brindan movilidad y soporte. Posteriormente se incluye información referente al contenido de la programación de los diferentes componentes, software utilizado y su funcionamiento. Finalmente se plantea la posibilidad de utilizar este dispositivo como una solución de bajo costo al problema que representa para el hombre la medición de diferentes concentraciones de gases, ya sea en lugares desconocidos o difíciles de acceder y que presenten algún tipo de riesgo a la integridad individual o colectiva.

PALABRAS CLAVES

Inalámbrico, nariz electrónica, comunicación, sensores de gas, vehículo controlado vía WiFi.

Área

Licenciatura en Ingeniería Electromecánica
Facultad de Ingeniería Eléctrica
Universidad Tecnológica de Panamá

ABSTRACT

This article presents the design, construction and performance of a gas detection mobile device (electronic nose), with the capacity of being controlled and monitored remotely on real time by WiFi. In the first place, it presents the main components of the electronic nose (gas sensors and controlling cards), which allows the wireless communication and real time monitoring. Then it has the mechanic design (servos, wheels and chassis) which allows the electronic nose coupling and gives it mobility. Later it includes information about the content of programming the different components (software) and its performance. Finally it propounds the possibility of using this device as a low cost solution for the problem that represents to humans to measure of different gas concentrations, in unknown places or difficult to access and present some kind of risk to individual or collective health

KEY WORDS

Wireless, electronic nose, communication, gas sensors, WiFi controlled vehicle.

1. Introducción

A principios del siglo XIX se dan los primeros pasos en una nueva ciencia, que iba a revolucionar el mundo. Ésta obtuvo un gran impulso en la época de la revolución industrial donde se desarrollaron los primeros tornos mecánicos motorizados y se dio la construcción de diferentes muñecos automatizados donde surgieron avances significativos, para que esta ciencia sea como hoy en día la conocemos, la cual fue llamada Robótica.

La robótica es la rama de la tecnología que se encarga del diseño, construcción, ejecución, disposición estructural, confección y aplicación de los robots. [1]

El desarrollo de estos dispositivos va en ascenso debido a la gran cantidad de aplicaciones que estos pueden desempeñar, dando como resultado el ahorro de tareas para el ser humano o la sustitución del hombre en diversas áreas como la domótica y la medicina entre otras ciencias.

Una de las aplicaciones más novedosas es una nariz electrónica integrada a un robot móvil que es controlado a distancia, su funcionamiento se basa en el órgano olfativo de los seres vivos; consiste en un sistema sensorial usado para la detección de olores mediante la percepción químico-sensorial y a través de sus sensores químicos permite reconocer y realizar análisis cualitativos y/o cuantitativos de vapores y olores. En la actualidad las narices electrónicas no son solamente usadas para clasificaciones de aroma, sino también para la detección de olores. De ahí que su importancia y utilización se haya extendido a aplicaciones en la agroindustria, medio ambiente, la seguridad, y la medicina. [2] El objetivo principal de esta investigación fue la conexión y coordinación de una nariz electrónica sobre un dispositivo móvil controlado inalámbricamente.

Las secciones de la investigación realizada se detallan a continuación, iniciando con los antecedentes, luego la definición de nariz electrónica, seguidamente se presenta el diseño mecánico del sistema, los sensores utilizados,

continúa con los programas empleados, seguidamente la metodología, después los resultados obtenidos, luego se presentan las conclusiones y las recomendaciones, para terminar con otras aplicaciones que se le pueden dar a la nariz electrónica.

1.1 Antecedentes

Las narices electrónicas ya son una realidad industrial, existiendo más de 20 compañías capaces de comercializar este producto.

Los orígenes de la nariz electrónica se remontan a los años 60, cuando la compañía Bacharac Inc., se dispuso a construir un dispositivo conocido con el nombre de Sniffer, el cual constaba de un solo sensor de gas y por lo tanto, no se consideró una nariz electrónica. En la década de los 80, surgen dos grupos de investigadores, en la Universidad de Warwick en Gran Bretaña y en el Argonne National Laboratory (ANL) en Estados Unidos. Krishna Persaud y George Dodd, realizaron la primera publicación relacionada con las narices electrónicas en 1982. En la Universidad de Manchester, los científicos fabricaron un dispositivo que opera como una nariz electrónica, y podría ser la solución que buscan muchas comunidades y compañías de gestión de residuos, que habitualmente encuentran problemas con los malos olores y la polución aérea (72 por ciento de los desechos domésticos producidos en Gran Bretaña se procesa en vertederos), [3] la idea surge porque no existe ningún instrumento lo bastante sensible y práctico para supervisar bajas concentraciones de olores y gases en estos sitios. Normalmente los gases y olores son analizados manualmente usando detectores portátiles y paneles de voluntarios a los que se les pide oler muestras de aire, y basándose en la concentración de varios agentes químicos, el sistema puede determinar si el gas es metano o los hedores han alcanzado un nivel inaceptable.

Otros estudios Agencia FAPESP, Científicos del Instituto de Química de la Universidad de São Paulo (IQ-USP), en Brasil, desarrollaron “narices electrónicas” capaces de identificar y clasificar por el olor distintos tipos de maderas y de plásticos, y de detectar precozmente la contaminación de naranjas por hongos. [4] [5]

1.2 Nariz electrónica

Es un sistema electrónico sensorial con la capacidad de capturar, los compuestos orgánicos volátiles y diferentes elementos que forman parte de una muestra, pudiendo de esa forma reconocerla o discriminarla dentro de un conjunto de sustancias olorosas. [6]

1.2.1 Componentes

La nariz electrónica está compuesta de un conjunto de sensores capaces de detectar diferentes sustancias dependiendo de las características de los mismos.

La función de estos sensores es dar lugar a una magnitud física (conductancia, resistencia) la cual puede ser capturada por el *hardware* de adquisición y procesada por el software. Esta magnitud debe reflejar en menor o mayor la exposición de los sensores a la muestra olorosa a la cual es expuesta.

Existe una amplia variedad de sensores en el mercado, entre ellos están los basados en semiconductores de óxido metal (Metal-Oxide Semiconductor), basados en onda acústica de superficie (*Surface Acoustic Wave, SAW*), óptica, basada en fotoionización y los basados en resistencia (*Chemiresistors*) [7].

1.2.2 Funcionamiento

Una nariz electrónica es capaz de analizar una gran cantidad de gases, esto va a depender de la programación previa y de los sensores utilizados. Se utilizó como analogía el funcionamiento de la nariz humana. [8]

En el sistema olfativo los olores llegan a nuestra nariz donde son recibidos por aproximadamente seis millones de células receptoras que traducen la información y la envían en forma de impulsos eléctricos a nuestro cerebro para ser analizada, por otra parte el sistema aquí presentado utiliza sensores que interactúan con las moléculas de los gases, (lo que conocemos como olores) y mediante una resistencia interna convierten esta información en diferencias de potenciales, que entran a nuestra tarjeta de control y seguidamente son enviadas vía WiFi a un ordenador donde finalmente se recopilan, analizan y grafican en tiempo real.

2. Metodología

2.1 Diseño mecánico

En ingeniería, el diseño mecánico es el proceso de dar forma, dimensiones, utilización de materiales, tecnología de fabricación y funcionamiento de una máquina para que cumpla unas determinadas funciones. [9]

El objetivo del diseño mecánico en este proyecto era permitir la movilidad de la nariz electrónica. El mismo debía ser capaz de acceder a lugares difíciles y ser controlado remotamente vía WiFi. Pensando en esto, se diseñó un *chasis* que permitiera el acoplamiento efectivo de todos los elementos y que cumpliera con algunas especificaciones seguidamente señaladas.

Se utilizó la idea de un *chasis* ancho y con un centro de gravedad bajo para mayor estabilidad, el mismo dispone de ruedas con banda de rodamiento ancha para permitir una mejor tracción (Figura 1).

Se diseñó una extensión en el *chasis* en la parte frontal superior para colocar los sensores y permitirle una mejor interacción con los gases que va a sensor (Figura 1).

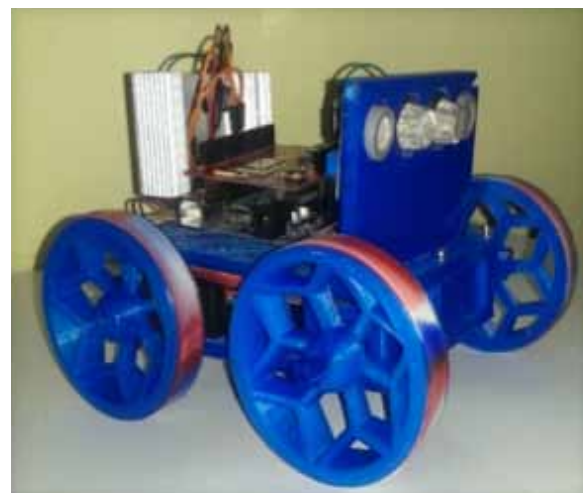


Figura 1. Prototipo terminado.

Los componentes principales son los servomotores de alta torsión modelo (MG996R) que permiten el movimiento efectivo con alto nivel de precisión, y nos brindan la oportunidad de ser controlados a distancia por el sistema Arduino.

2.2 Sensores

Se investigaron diferentes tipos de sensores que se ofrecen en el mercado electrónico mundial y se evaluó principalmente el grado de sensibilidad vs el costo del equipo.

El tipo de sensor que resultó vencedor fue el electroquímico de la serie MQ, dado que ofrece una buena sensibilidad a bajas y altas concentraciones de gas y es muy económico (B/. 7.00 por unidad). [10]

Se utilizaron cuatro sensores, cada uno de ellos está diseñado para brindarnos información precisa para diferentes tipos de gases (Tabla 1).

Tabla 1. Sensores

Sensor	Detecta	Concentración
MQ-4	Metano, Gas Natural Comprimido (GNC)	(300-10000) ppm
MQ-7	Monóxido de Carbono (CO)	(10-10000) ppm
MQ-9	Monóxido de Carbono (CO) y Propano y Butano (GLP)	(10-1000) ppm CO (100-10000) ppm GLP
MQ-135	Amoniaco, Alcohol y Benceno	(10-300) ppm NH3 (10-1000) ppm Benceno (10ppm-300) ppm Alcohol

La serie MQ utiliza un pequeño calentador interior con un sensor electroquímico para hacer sus mediciones.

Los sensores emplean la placa y el *software* Arduino como interfaz para conectarse y mostrar los valores presentados como valores analógicos de 10 bits, esto significa que asigna a las tensiones de entrada que van entre 0 y 5 voltios, valores enteros entre 0 y 1023. Estos valores son los que aparecen en las gráficas y son un referente para saber cuál es la concentración del gas sentido, esto ocurre mediante la interacción del sensor con las moléculas estudiadas en ese momento.

En este proyecto los sensores no fueron utilizados para medir la cantidad de gas existente (cuantitativo), sino para detectar la presencia de gases (cualitativo).

Los sensores presentan una característica valiosa pues no solo reaccionan a un gas particular, sino que presentan diferentes respuestas según las moléculas de gas a las que son expuestos, algunos son más sensibles a ciertas moléculas (olores) que otros, al analizar la reacción del conjunto de sensores para un gas específico podemos hacer una caracterización de los mismos, ampliando la gama de gases que pueden ser detectados.

2.3 Software

Se utilizaron diferentes tipos de software durante la programación de nuestra nariz electrónica móvil.

Primeramente se trabajó con el programa Arduino para hacer la programación de la placa controladora de los sensores, los servomotores y la placa WiFi.

Seguido se utilizó la aplicación WampServer para crear un servidor que permitió la conexión vía WiFi.

Por último se empleó la aplicación PLX-DAQ para poder exportar los valores al programa Excel y de esta manera monitorearlos y graficarlos.

2.4 Procedimientos

La metodología de este proyecto se dividió en tres áreas. El siguiente diagrama de flujo explica el proceso completo, haciendo énfasis en dichas áreas (Figura 2).

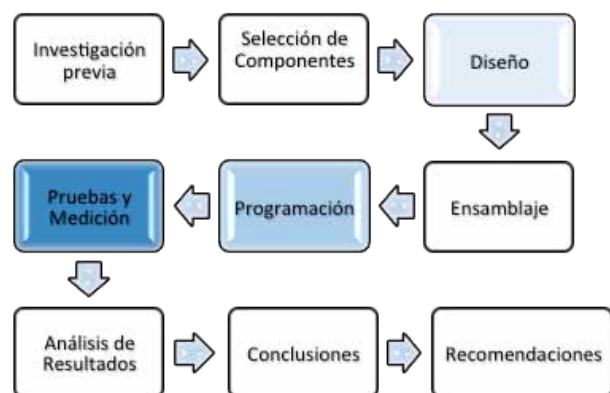


Figura 2. Diagrama de flujo.

Una vez hecha la investigación previa se llevó a cabo la primera etapa, en donde se realizó un diseño mecánico que era responsable de la movilidad y de darle soporte al dispositivo, la segunda etapa de la metodología fue la programación, esta fue vital para el desarrollo del proyecto, pues su objetivo era brindar el control y de enviar la información obtenida por los sensores en tiempo real.

Finalmente la metodología de la medición, para la cual se utilizó el conjunto de los cuatro sensores. En primera instancia se analizaron diferentes formas de mediciones, entre ellas la variación de la distancia y el ángulo en que llegaban los gases para encontrar la mejor ubicación de los sensores.

Para el diseño mecánico se trabajó en diferentes bosquejos del vehículo tomando en cuenta la posición y el espacio que ocupan cada uno de los componentes, se empleó el programa Inventor para diseñarlo de manera virtual y luego fue el turno de la impresora 3D traerlo a la realidad. La programación existente en los documentos investigados fue analizada exhaustivamente buscando beneficios y contras, hasta dar con la más adecuada.

Finalmente se hizo una investigación previa para analizar cuáles eran los rangos de operación y las salidas de los sensores en condición “normal” (temperatura, presión altura y humedad). (Tabla 2) (Figura 3).

Tabla 2. Valores de los sensores en condición normal

MQ-4	MQ-74	MQ-9	MQ-135
19-20	33-35	27-28	18-19

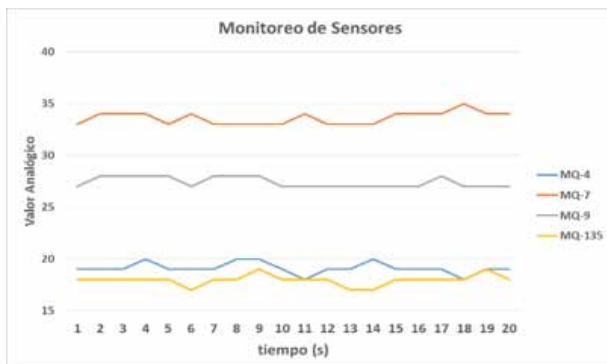


Figura 3. Monitoreo de sensores en condición normal.

Cada sensor trabaja a un nivel diferente y reacciona diferente a la presencia de un gas específico.

Una vez ensamblados todos los componentes del sistema se procedió con las diferentes pruebas. Las pruebas se realizaron en un salón de cerrado, con dimensiones de 3,5 m x 4 m, sin corrientes de aire, a temperatura de 28°C.

Las muestras de olor estaban impregnadas en el suelo en lugares específicos dentro del salón.

Se realizaron dos tipos de pruebas diferentes, las primeras consistieron en acercar el móvil a la fuente de olor de manera frontal y analizar los datos obtenidos para las diferentes distancias.

Las segundas pruebas consistieron en colocar las muestras en los flancos izquierdo, y derecho, del móvil a diferentes distancias y analizar si eran captadas por el sistema.

3. Resultados

El sistema captó diferentes moléculas de olor a las que fue sometido, se trabajó con olores químicos y naturales.

De las pruebas realizadas variando distancias y muestras, los resultados obtenidos más relevantes se presentan en el siguiente apartado. (Figuras 4, 5 y 6)

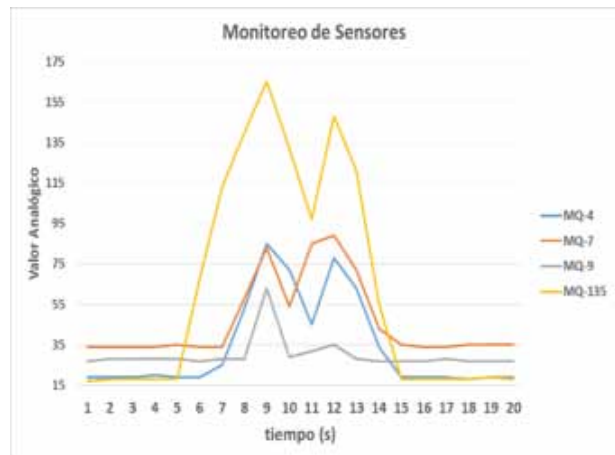


Figura 4. Alcohol a 3cm de frente al móvil.

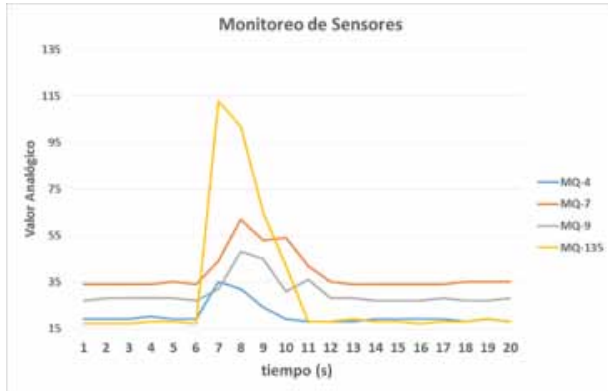


Figura 5. Humo a 5 cm de frente al móvil.

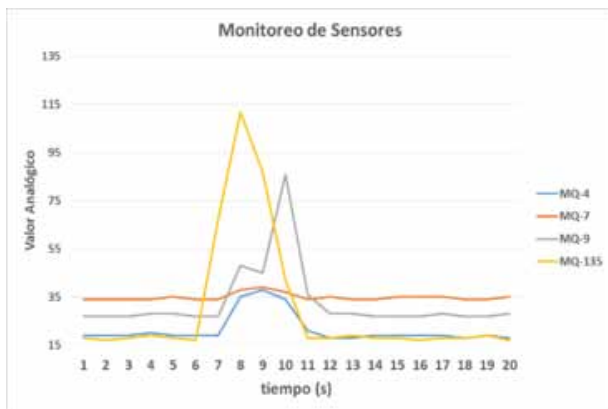


Figura 6. Gasolina a 3 cm de frente al móvil.

4. Conclusiones

El objetivo principal fue alcanzado pues se logró el control efectivo del móvil de manera inalámbrica y asimismo hacer mediciones de diferentes tipos de muestras químicas y naturales, utilizando los cuatro sensores en conjunto, mediante el acoplamiento de la tarjeta de control Arduino y la tarjeta WiFi.

El conjunto de sensores obtuvo un mejor desempeño cuando se utilizaron moléculas de gas de tipo químico, que cuando fueron de tipo naturales.

No fue posible realizar una caracterización de gases a falta de mayores datos.

El rango efectivo de detección fue de 15 cm (habitación cerrada, sin corrientes de aire), pero al ser móvil esto no representa una limitante.

El mejor lugar para ubicar los sensores fue la parte frontal del vehículo.

El rango para el control remoto del vehículo oscila entre los 15 y los 20 metros desde el punto del Router utilizado, recordemos que la conexión es vía WiFi.

El valor aproximado del sistema móvil presentado oscila los B/. 150.00, mientras que los cromatógrafos y detectores de gas tienen un valor superior a los B/. 800.00 y poseen la limitación de no ser móviles.

5. Recomendaciones

Utilizar fuentes de alimentación más compactas, eficientes y económicas, ya que el sistema consume mucha corriente para su operación. Incorporar algún mecanismo que permita recoger de forma más eficaz las moléculas dispersas en el ambiente, ya sea que el olor venga hacia la parte frontal o por los flancos.

Mejorar el diseño mecánico del chasis, agrandando un poco su longitud para permitir el uso de baterías y circuitos reguladores de voltaje y otros equipos que se deseen agregar. Adquirir más sensores que puedan mejorar la capacidad de analizar olores de la nariz electrónica.

Colocar una cámara y una linterna sobre el vehículo para poder trabajar de noche o en zonas con visibilidad limitada.

Este sistema es una solución de bajo costo y viable para empresas que no pueden costear equipos medición de gases y para personas que trabajan en lugares en donde puedan existir concentraciones peligrosas de gases nocivos.

Entre algunas de las aplicaciones parecidas que pueden darse al sistema presentado para ampliar su funcionalidad están:

- Nariz electrónica capaz de oler los gases de un volcán. [11]
- La nariz electrónica para la detección de contaminación causada por hongos en las bibliotecas. [12]

- Monitorización de la calidad del agua potable. [13]
- Estudio de las emisiones de un río contaminado. [14]
- Un nuevo sistema inteligente de la nariz electrónica para medir y analizar los olores en granjas de ganado y aves. [15]
- Análisis de los olores de explosivos. [16]
- Clasificación de humos. [17]

AGRADECIMIENTOS

A nuestras familias y a los profesores, Dra. Iveth Moreno y Dr. José Rolando Serracín.

REFERENCIAS

- [1] A. Barrientos, Fundamentos de Robótica, España: Mc Graw Hill, 2007.
- [2] I. Moreno, «La Nariz Electrónica: Estado del Arte,» RIAI, vol. VI, n° 3, pp. 76-91, 2009.
- [3] M. Luque, «Sólo Ciencia,» Diciembre 2014. [En línea]. Available: www.solociencia.com. [Último acceso: Junio 2015].
- [4] J. Gruber, «A conductive polymer based electronic nose for early detection of *Penicillium digitatum* in post-harvest oranges,» Materials Science and Engineering, vol. XXXIII, n° 5, p. 2766-2769, 2013.
- [5] C. Esteves, «New composite porphyrin-conductive polymer gas sensors for application in electronic noses,» Sensors and Actuators B: Chemical, vol. CXCI, p. 136-141, 2014.
- [6] H. Gutiérrez, «Análisis Instrumental,» de 4ta Jornada de Instrumentación y Procesos, Barcelona, 1999.
- [7] L. Corona, Sensores y Actuadores: Aplicaciones con Arduino, Grupo Editorial Patria, 2015.
- [8] G. Rodríguez, «El poderoso sentido del olfato,» Resources, vol. XI, n° 2, 2004.
- [9] R. Budynas, Diseño en Ingeniería Mecánica 9, McGraw Hill, 2012.
- [10] Arduino, «www.arduino.com,» 2015. [En línea]. Available: http://playground.arduino.cc/Main/MQ_GasSensors. [Último acceso: Junio 2015].
- [11] J. Díaz, «turcon.blogia.com,» 2015. [En línea]. Available: <http://turcon.blogia.com/2006/030803-vulcanologia-inventode-una-nariz-electronica-capaz-de-oler-los-gases.php>. [Último acceso: 2015].
- [12] P. Canhoto, «Application of electronic nose technology for the detection,» International Biodeterioration & Biodegradation, vol. LIV, pp. 303-309, 2004.
- [13] W. Gardner, «An electronic nose system for monitoring the quality of potable water,» Sensors and Actuators B: Chemical, vol. LXIX, pp. 336-341, 2000.
- [14] R. Lamagna, «The use of an electronic nose to characterize emissions from highly polluted river,» Sensor and Actuators B: Chemical, vol. CXXXI, pp. 121-124, 2008.
- [15] L. Pan, «An wireless electronic nose network for odours around livestock farms,» de 14th International Conference of Mechatronics and Machine Vision, 2007.
- [16] J. Staples, «“Analysis of Odors from Explosives using an Electronic Nose”,» 2007. [En línea]. Available: http://www.znose.jp/pdf/Odors_of_Explosives1.pdf. [Último acceso: Junio].
- [17] B. Charumporn, «Classifying Smokes Using an Electronic Nose and Neural Networks,» IEEE Proceedings of the 41st SICE Annual Conference., vol. V, pp. 2661-2665, 2002.