



DESARROLLO DE UN SISTEMA DINÁMICO DE MEDICIÓN DE RESPUESTA DE SENSORES DE GAS A BASE DE RESONADORES DE CUARZO.

D. L. Osorio Arrieta, S. Muñoz Aguirre, G. Beltrán Pérez, J. Castillo Mixcóatl, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, e-mail: dloa_azul19@yahoo.com.mx, smunoz@cfm.buap.mx

RESUMEN

El estudio de la respuesta transitoria es necesario ya que es la forma en la que se caracteriza a los sensores de gas para su utilización en tiempo real. Normalmente existen 3 tipos de entrada: escalón unitario, rampa y parabólico. De estos, la entrada escalón unitario es más utilizada pues es más fácil de generar y proporciona información útil del comportamiento del sensor. En este trabajo, para generar el escalón de gas, se implementó un sistema a base de un generador de vapores de compuestos volátiles orgánicos, el cual proporciona una concentración controlada y conocida de vapor de la muestra. El generador de vapores consiste de una cámara sumergida en un baño de agua, en la cual se evaporan las muestras con flujo de aire y temperatura controlados. Se implementó, además, un sistema de válvulas que controla el flujo de aire para la generación del escalón unitario. La caracterización de los compuestos se lleva a cabo con un sensor de resonador de cuarzo en el cual se deposita una película sensible que responde al tipo de vapores que se desea medir. Se realizó la medición de respuesta de sensores por medio de un sistema estático para realizar una comparación en respuesta en estado estable. Se utilizó un sensor con una película sensible de etil celulosa en el rango de 0 a 18000 ppm de etanol. Se observó una discrepancia en la respuesta de ambos sistemas, la cual probablemente se debe a variaciones en la medición del flujo de aire. Por lo anterior se requiere utilizar medidores más exactos.

INTRODUCCIÓN

El olfato del ser humano y de algunos caninos entrenados se emplea hoy en la industria como herramienta para distinguir entre diversos olores desprendidos de alimentos, combustibles, cosméticos, productos químicos peligrosos y muchos otros. Este proceso de identificación es costoso y poco exacto, requiere tiempos de exposición muy breves (principalmente en el caso de gases peligrosos) debido a que las exposiciones prolongadas llegan a provocar una reducción en la sensibilidad olfativa y otros efectos secundarios dañinos, y además de que se hace necesaria una capacitación durante largos periodos. Introducir narices electrónicas, aunque pueden distinguir solo pequeños rangos de olores, puede llevar a reemplazar las narices humanas en casos como estos [1, 2].

Las narices electrónicas son sistemas que constan de un arreglo de sensores de gas en conjunto con una etapa de reconocimiento de patrones. Una de las etapas más importantes son los sensores de gas [3].

Por lo anterior se requiere la investigación en el área de dichos sensores. En el desarrollo de los sensores se requiere su caracterización en cuanto a respuesta en estado estable y

transitoria [4, 1]. Por lo que se hace necesario desarrollar sistemas de medición de dichas respuestas.

Existen dos tipos de sistemas físicos para mediciones de respuesta de sensores: los sistemas estáticos y los sistemas dinámicos. La respuesta de los sistemas dinámicos está formada por dos componentes: respuesta transitoria y respuesta en estado estable. La respuesta transitoria es la forma en la que responde un sistema al pasar de un estado inicial a uno final, normalmente existen 3 tipos de entrada; escalón unitario, de rampa y parabólica (véase Figura 1). La respuesta en estado estable es la forma como responde un sistema cuando el tiempo tiende a infinito.

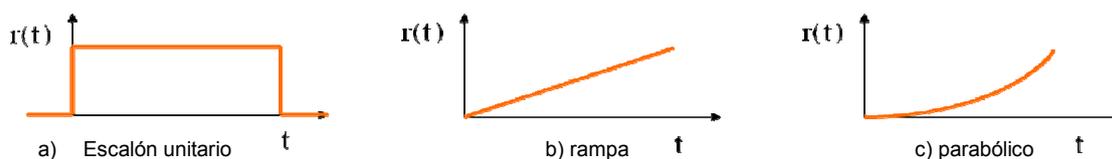


Figura 1. Entradas normalizadas que facilitan el estudio de la respuesta transitoria

Con frecuencia, las características de diseño de un sistema de control están especificadas en términos de su respuesta transitoria a una entrada escalón unitario, ya que dicha entrada es fácil de generar, depende de las condiciones iniciales y sirve para proporcionar información útil. Por comodidad, al comparar respuestas transitorias de varios sistemas, a menudo se utiliza la condición inicial estándar ya que el sistema está inicialmente en reposo. Las características de respuesta pueden entonces compararse sin dificultad.

Actualmente se cuenta ya con un sistema generador de vapores orgánicos el cual fue construido en el laboratorio [5], dicho sistema consta de una cámara con temperatura y flujo de aire controlados para la difusión de vapores de las muestras. Este será el punto de inicio para el desarrollo del sistema dinámico de medición de respuesta de sensores. La caracterización de los compuestos volátiles orgánicos se llevará a cabo con un sensor de resonador de cuarzo en el cual se deposita una película delgada que responde el tipo de vapores que se desea caracterizar, sin embargo, este sistema requiere del perfeccionamiento e implementación del sistema de control.

En el presente trabajo se construyó un sistema de válvulas en conjunto con un flujómetro para generar el pulso de gas y un sistema de medición de la respuesta de los sensores. Finalmente se realizan mediciones de vapores de compuestos volátiles orgánicos tales como alcoholes, en particular etanol, con el fin de caracterizar el sistema dinámico.

DESARROLLO EXPERIMENTAL

El sistema consta de una cámara de evaporación a temperatura y flujo de aire controlados. Para conocer la respuesta transitoria es necesario generar un pulso cuadrado, esto se logra con un sistema de válvulas, el cual, permite el flujo de aire al sensor ya sea con o sin etanol. Finalmente la respuesta del sensor es almacenada en una computadora. Para las mediciones se utilizó un sensor de resonador de cuarzo (QCM) al que se le depositó una película sensible de etil celulosa por medio del método de CASTING [3].

Para las mediciones de la respuesta del sensor se hizo circular un flujo de aire de 100 ml/min por dicho sensor a través del flujómetro 1, mientras se colocó etanol en el baño térmico a una temperatura de 30.0°C para generar una concentración de 6203 ppm , haciéndolo circular por la cámara con un flujo de aire de 100 ml/min (flujómetro 2). Después de un tiempo se permite el paso del flujo de aire con etanol hacia el sensor (esto se logra con el sistema de válvulas), después de 30 minutos aproximadamente se cambia nuevamente el flujo de aire pero esta vez sin etanol. La respuesta del sensor siempre es detectada por un circuito oscilador que esta conectado a un frecuencímetro con salida a la computadora, como se observa en la Figura 2.

Una vez medida la respuesta del sensor a una concentración inicial de 6203 ppm se midió la respuesta del mismo sensor pero ahora a diferentes concentraciones de etanol, 10900 ppm y 19269 ppm , con el fin de estudiar el comportamiento de la respuesta con la concentración.

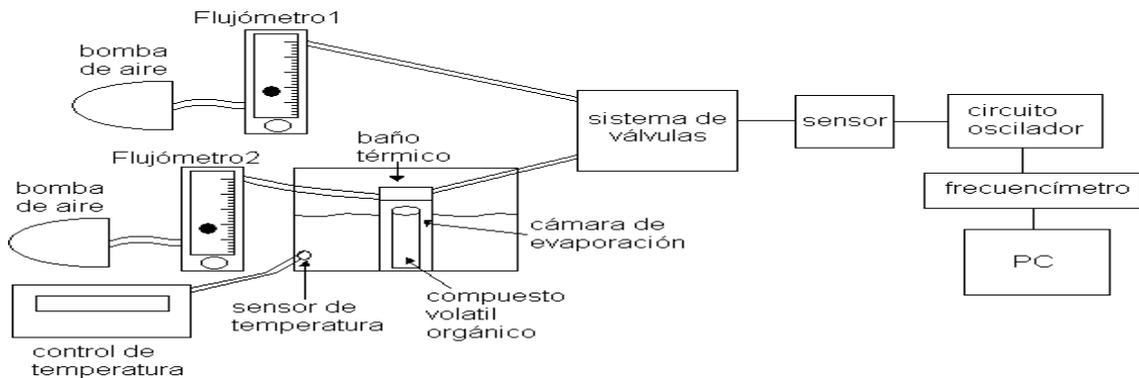


Figura 2. Sistema dinámico utilizado

El sistema estático consta de una cámara de evaporación a temperatura controlada, en la cual se inyecta la muestra que se desea caracterizar, en este caso etanol. Se observó la respuesta del sensor con ayuda de un circuito oscilador, un frecuencímetro y una PC. Este sistema ya ha sido descrito en otros trabajos [6].

RESULTADOS

Para el sistema dinámico se obtuvo una respuesta como se muestra en la Figura 3, en ella se observa que mientras está el flujo de aire sin etanol el sensor prácticamente no muestra respuesta. Una vez que el flujo de aire con etanol llega al sensor la frecuencia de éste empieza a disminuir hasta estabilizarse, conforme el aire sin etanol va llegando nuevamente al sensor su frecuencia empieza a elevarse hasta llegar casi a la frecuencia de partida lo que nos indica que la respuesta del sensor es reversible, esto se realizó dos veces seguidas para saber si la reproducibilidad era buena. Se observan también dos picos los cuales se deben probablemente al cambio de flujo de aire, puesto que al momento, el cambio de válvulas se realiza de manera manual. A pesar de esto se puede observar claramente la respuesta del sensor.

Se realizaron mediciones a diferentes concentraciones de etanol, el cambio de frecuencias en kHz y las concentraciones en ppm obtenidas se muestran en la Tabla 2.

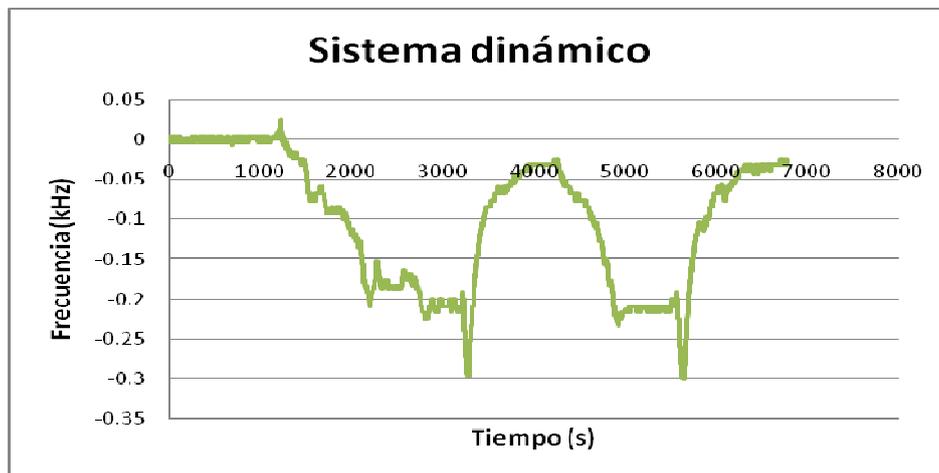


Figura 3. Respuesta del sensor para el sistema dinámico a una concentración de 6203 ppm

Tabla 2. Cambio de frecuencia en función de la concentración

Δf (kHz)	Concentración (ppm)
0	0
0.176	6203
0.324	10900
0.62	19269

Por otro lado, para el sistema estático se obtuvo una respuesta como se muestra en la Figura 4, se puede observar que en el momento de inyectarle el etanol a la cámara el sensor empieza a disminuir su frecuencia de oscilación hasta que se estabiliza, al repetir la inyección, el sensor vuelve a disminuir su frecuencia hasta estabilizarse, una tercera vez se inyecta el etanol a la cámara y el sensor vuelve a detectar el cambio hasta estabilizarse.

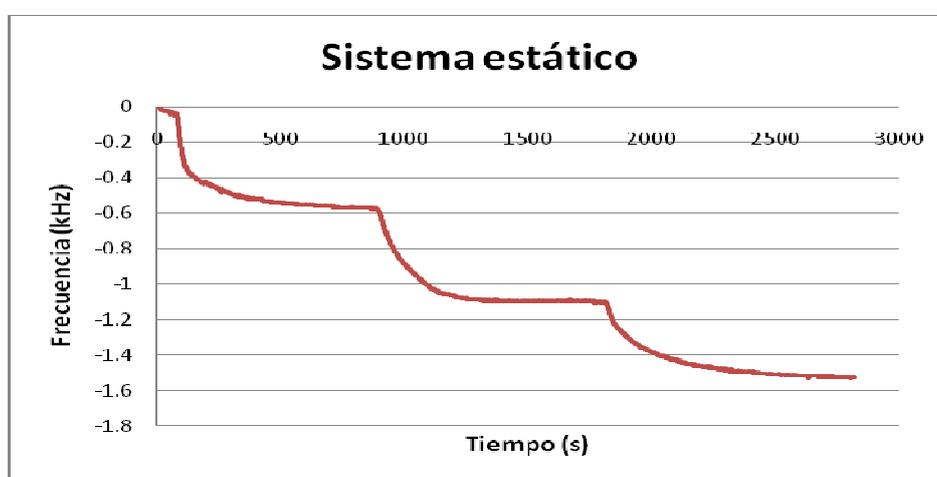


Figura 4. Respuesta del sistema estático

Esto se hace ya que nos interesa el cambio de frecuencia del sensor al momento de detectar diferentes concentraciones de etanol, los resultados se muestran en la Tabla 3. Para calcular la concentración se utilizaron los siguientes datos de etanol densidad = 0.79 gr/ml y peso molecular = 46.07 uma.

Tabla 3. Cambio de frecuencia en función de la concentración

Δf (kHz)	Concentración (ppm)
0	0
0.56	5608
1.11	11217
1.65	16826

Con el fin de realizar una comparación, se graficaron los resultados de las Tablas 2 y 3, las cuales se muestran en la Figura 5. Se puede observar que ambos sistemas tienen una linealidad alta, con una correlación para el sistema dinámico de 0.996 y para el estático de 0.999. Esto significa que son estables y con buena reproducibilidad. Aunque ambos sistemas tienen esta característica existe una discrepancia entre ellos, esto se debe probablemente al control del flujo de aire para el sistema dinámico.

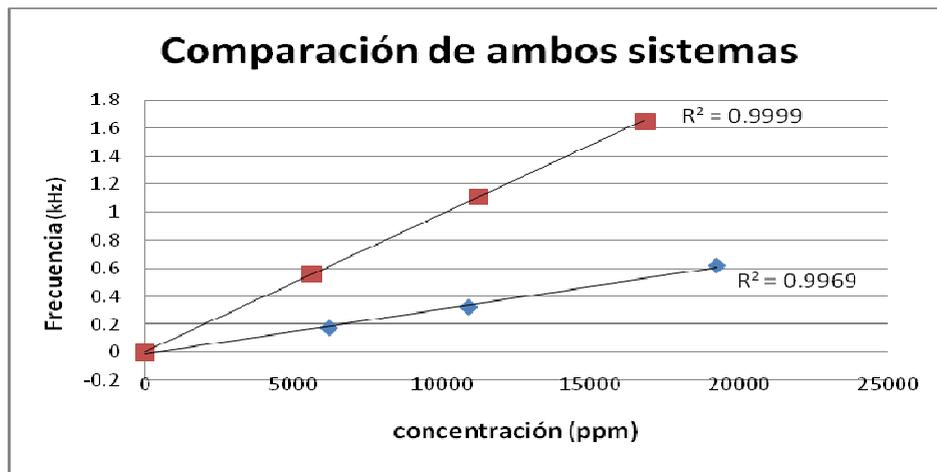


Figura 5. ■ Muestra el sistema estático. ◆ Muestra el sistema dinámico

Posiblemente existe un error en la medición del flujo para el sistema dinámico ya que actualmente este se realiza con un flujómetro no muy exacto, sin embargo dicho control se planea realizar con un controlador de flujo de masa cuya función estará automatizada para minimizar las fluctuaciones.

CONCLUSIONES

Se desarrolló un sistema dinámico de medición de respuesta de sensores de gas.

Se realizaron mediciones a una concentración de 0 a 19269 ppm para el etanol en el sistema dinámico, mientras en el estático se usó una concentración de 0 a 16826 ppm.

La respuesta del sensor para ambos sistemas es prácticamente lineal, esto indica que el sensor se comporta de manera estable y con buena reproducibilidad.

Se encontró una discrepancia entre ambos sistemas la cual se debe probablemente al cambio de flujo de aire y se pretende resolver usando un controlador de flujo de masa automatizado con un microcontrolador PIC16F877.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue parcialmente financiado por los proyectos: CONACYT jóvenes investigadores, número de referencia: 61126 y VIEP-BUAP número de referencia: MUAS-EXC08-I

BIBLIOGRAFIA

- [1] www.narizelectronica.com.ar/paginas/funcionamiento.htm
- [2] <http://www.scribd.com/doc/5042213/El-olfato-y-el-gusto-electronico>
- [3] Muñoz Aguirre. S. "Study of sensing films structure controlled by LB method for QCM odor/gas sensors". Tesis doctoral. Instituto Tecnológico de Tokyo, 1999.
- [4] <http://www.uv.mx/cienciahombre/revistae/vol20num2/articulos/microsensores/index.html>
- [5] Robles Román. L. E. "Implementación de un sistema generador de vapores de compuestos volátiles orgánicos concentración controlada". Tesis de licenciatura FCFM-BUAP. 2008
- [6] Severino Muñoz Aguirre, Akihito Yoshino, Takamichi Nakamoto, Toyosaka Moriizumi "Odor approximation of fruit flavors using a QCM odor sensing system" Sensors and Actuators B 123 (2007) 1101–1106