

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE TUXTLA GUTIÉRREZ
INFORME TÉCNICO DE RESIDENCIA PROFESIONAL



TEMA:

DETERMINACIÓN DE LA METODOLOGÍA PARA LA CALIBRACIÓN DE SENSORES PARA BTX.

PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO QUÍMICO

LUGAR DE REALIZACIÓN:

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE TUXTLA GUTIÉRREZ

PRESENTA:

BRIANDA MARIELA VELÁZQUEZ NATARÉN

No. DE CONTROL:

12270106

ASESOR:

DR. SAMUEL ENCISO SAENZ

REVISORES:

ING. LEONARDO GOMEZ GUTIERREZ

ING. MARCO ANTONIO MENDEZ ANCHEYTA

TUXTLA GUTIÉRREZ, CHIAPAS.

AGOSTO-DICIEMBRE 2017

DEDICATORIA

A dios por darme la oportunidad de acompañarme, guiarme en mi camino y llenarme de bendiciones.

A mis padres Beatriz Natarén y Romeo Velázquez Gómez por ese gran esfuerzo de toda una vida de arduo trabajo, sacrificios para ayudarme a forjar mi camino, cumplir con mis metas y objetivos. Por enseñarme que los sueños se logran a base de esfuerzo y dedicación, por estar conmigo en todo momento pero sobre todo por su inmenso amor, cariño y respeto.

Al asesor del proyecto de investigación, Dr. Samuel Enciso Sáenz por el apoyo que ha brindado a este trabajo, por el respeto a mis sugerencias e ideas y por la confianza de asesorarme en este proyecto.

A mi compañero de vida, Ing. Carlos Alberto Díaz Olva siendo la mayor motivación en mi vida, fue el ingrediente perfecto para poder lograr esta dichosa y muy merecida victoria en la vida, el poder haber concluido este proyecto con éxito. Gracias por preocuparte por mí en cada momento y que siempre deseas lo mejor para mi porvenir. Te agradezco por tantas ayudas y tantos aportes no solo para el desarrollo de mi residencia profesional, sino también para mi vida; eres mi inspiración y mi motivación.

Muchas gracias.

INDICE

DEDICATORIA	2
RESUMEN.	5
INTRODUCCIÓN.....	5
JUSTIFICACIÓN.	6
OBJETIVOS.....	7
• OBJETIVO GENERAL.....	7
• OBJETIVO ESPECÍFICO.	7
1. GENERALIDADES DEL PROYECTO.	8
1.1 ANTECEDENTES DE LA EMPRESA	8
1.2. MISIÓN.	10
1.3. VISIÓN.	10
1.4. VALORES.....	10
1.5. UBICACIÓN.	11
1.5.1. MACRO LOCALIZACIÓN	11
1.5.2. MICRO LOCALIZACIÓN.....	12
1.5.3. GIRO.	12
2. CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE INVESTIGACIÓN.....	13
2.1. PROBLEMÁTICA A RESOLVER.	14
2.6. ALCANCES.....	15
2.7. LIMITACIONES.	15
3. MARCO TEÓRICO.....	16
3.1. CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LOS COMPUESTOS AROMÁTICOS BENCENO, TOLUENO Y XILENOS (BTX).	16
3.1.1 TOLUENO.....	17
3.1.2. XILENO.....	18
3.2. EFECTOS DE LOS BTX SOBRE LA SALUD.....	23
3.3. EFECTOS DE LOS BTX SOBRE LOS ECOSISTEMAS.....	27
3.4. CARACTERIZACIÓN DE SENSORES.	28
3.5. CLASIFICACIÓN DE SENSORES.	28
3.6. LA PLATAFORMA ARDUINO1.....	37
3.7. HARDWARE.	38

3.8. SOFTWARE.....	47
3.9. SOBRE sensores (NOMENCLATURA DE sensores DE GAS).....	48
3.10. UBICACIÓN DE sensores.	49
3.11. CARACTERÍSTICAS DEL HARDWARE ARDUINO.....	50
3.12. BOTONES DE LA BARRA DE HERRAMIENTAS.....	51
4. NORMAS, REGLAMENTOS Y HOJAS DE DATOS DE BTX.	54
5. PROCEDIMIENTO Y DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES REALIZADAS.	58
5.1. CALIBRACION DE SENSOR DE GAS MQ-135.....	60
5.2. SENSOR DE GAS MQ-135.....	66
5.3. PROCEDIMIENTO EN LAS UNIDADES EXPERIMENTALES.	67
6. RESULTADOS.	68
6.1. RESULTADOS DEL VOLUMEN EXACTO DEL DISEÑO DE LA UNIDAD EXPERIMENTAL.....	68
6.2. RESULTADOS DEL MONITOREO Y CONTROL DE.....	69
LOS sensores MQ-135.....	69
6.3. GRÁFICAS.....	71
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	73
COMPETENCIAS DESARROLLADAS Y/O APLICADAS	74
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.	75
GALERÍA DE FOTOS.....	76

RESUMEN.

Los niveles de contaminación en el aire siguen aumentando en Chiapas, es evidente que nos enfrentamos a cambios en los ecosistemas, a daños en el ambiente y a la salud humana provocada por las emisiones de gases de efecto invernadero y sobre todo los derivados de la combustión de hidrocarburos aromáticos como el Benceno, Tolueno y Xileno, presentes en la gasolina. Esta investigación se enfoca en la determinación de un método de calibración de sensores de benceno, del cual mediante un monitoreo constante en dos unidades experimentales se cuantifique la concentración y se determine el tiempo de homogenización del gas presente en un volumen determinado.

INTRODUCCIÓN.

La presente investigación se refiere al tema “determinación de un método para la calibración de sensores para BTX” mismo se puede definir como la técnica que se va a llevar a cabo para poder tener un régimen de confiabilidad en ppm, actualmente no se cuenta con un metodología patentada de sensores para BTX, en específico para el sensor de benceno el cual fue de nuestro interés, pero existen normas y hojas de datos que fueron útiles para llevar a cabo dicho proyecto.

La característica principal de este tipo de sensor es su alta sensibilidad de detección del gas, ya que si no se lleva a cabo una correcta programación y pruebas experimentales el sensor nos arrojará datos incongruentes.

Para analizar esta problemática es necesario de mencionar sus causas. Una de ellas es la falta de información acerca de la programación del sensor.

La investigación de esta problemática profesional se realizó por el interés de conocer el procedimiento de calibración y las concentraciones de Benceno (ppm) a las que está expuesta la población. Esto permitió identificar un rango-promedio al cual el sensor se logra estabilizar después de una nebulización controlada.

En el marco de la teoría descriptiva, la investigación se realizó con una serie de instrumentos y muestras experimentales que se realizaron en unidades experimentales localizadas en el invernadero de la institución, una unidad experimental es un diseño de una caja de acrílico con un volumen calculado en el cual empleamos parte de la metodología para nuestro estudio.

JUSTIFICACIÓN.

La contaminación del aire es un serio problema en muchas grandes ciudades del país. El intenso e incesante tráfico, unido a fábricas que no controlan sus emisiones, convierte el aire de ciudades de todo el país en auténticas nubes de smog. Los niveles de partículas contaminantes sobrepasan en muchos casos el límite de seguridad para la salud humana marcado por la OMS.

En la mayoría de los casos los seres humanos estamos expuestos a mezclas de contaminantes, sin embargo la mayoría de los estudios epidemiológicos se han enfocado a evaluar la exposición ocupacional a estos disolventes en forma individual. Los BTX pueden estar presentes contaminando en aire, el agua y los alimentos. El humo de cigarro es la principal fuente de contaminación por BTX en aire de interiores en una ruta de mayor porcentaje (99%), el benceno también se puede absorber por la piel, mientras que la ruta principal de exposición a tolueno es el aire contaminado de los automotores. La población en general está expuesta a estos compuestos por el aire contaminado de los automotores (Lauwerys, 1994).

Se han desarrollado métodos analíticos para medir benceno en aire exhalado. Estos análisis se realizan principalmente por cromatografía de gases (CG), uno de los métodos más sensibles (3 ppt, partes por trillón) es la cromatografía de gases de alta resolución acoplado a un detector de masas (CGAR/SM) para detectar benceno en aire exhalado y en sangre.

OBJETIVOS.

➤ OBJETIVO GENERAL.

Calibración y evaluación de sensores para medición de benceno en aire.

➤ OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

- ✓ Determinación de la presencia de benceno en dos unidades experimentales.
- ✓ Comprobar la presencia de benceno por medio de un sensor (MQ-135).
- ✓ Programar y verificar la calibración de sensores mediante el programa Arduino.

1. GENERALIDADES DEL PROYECTO.

1.1 ANTECEDENTES DE LA EMPRESA

Los primeros Institutos Tecnológicos surgieron en México en 1948, cuando se crearon los de Durango y Chihuahua. Poco tiempo después se fundaron los de Saltillo (1951) y Ciudad Madero (1954). Hacia 1955, estos primeros cuatro tecnológicos atendían una población escolar de 1,795 alumnos, de los cuales 1,688 eran hombres y sólo 107 mujeres. En 1957 inició operaciones en IT de Orizaba. En 1959, los Institutos Tecnológicos son desincorporados del Instituto Politécnico Nacional, para depender, por medio de la Dirección General de Enseñanzas Tecnológicas Industriales y Comerciales, directamente de la Secretaría de Educación Pública.

El Tecnológico Nacional de México esta constituido por 266 instituciones, de las cuales 126 son Institutos Tecnológicos Federales, 134 Institutos Tecnológicos Descentralizados, cuatro Centros Regionales de Optimización y Desarrollo de Equipo (CRODE), un Centro Interdisciplinario de Investigación y Docencia en Educación Técnica (CIIDET) y un Centro Nacional de Investigación y Desarrollo Tecnológico (CENIDET). En estas instituciones, el TecNM atiende a una población escolar de 521,105 estudiantes en licenciatura y posgrado en todo el territorio nacional, incluido el distrito federal.

El Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez (ITTG); es una universidad pública de tecnología, ubicada en la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México. Es una institución educativa pública de educación superior, que forma parte del Sistema Nacional de Institutos Tecnológicos de México. El instituto también está afiliado a la Asociación Nacional de Universidades e Instituciones de Educación Superior (ANUIES), zona Sur-Sureste.

Fue fundado el 22 de octubre de 1972, por el entonces gobernador del Estado, Dr. Manuel Velasco Suárez, inicialmente con el nombre de Instituto Tecnológico Regional de Tuxtla Gutiérrez (ITRTG), posteriormente se llamaría el Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez (ITTG), con una infraestructura de dos edificios con ocho aulas, dos laboratorios y un taller en construcción abre sus puertas con las carreras de técnico en motores de combustión interna, en electricidad, en químico laboratorista y en máquinas y herramientas.

En 1974 comenzó el nivel superior, con las carreras de Ingeniería Industrial en Producción e Ingeniería Bioquímica de Productos Naturales.

En 1980, se amplía las oportunidades de educación para ingresar a las carreras de Ingeniería Industrial Eléctrica y de Ingeniería Química Industrial.

En 1987 se abrió la carrera de Ingeniería en Electrónica.

En 1989 se inicia el sistema abierto de la escuela secundaria y esta oferta se reorientó en los niveles superior de Ingeniería Eléctrica y Mecánica Industrial.

En 1991 llega la licenciatura en Ingeniería en Sistemas Computacionales.

Desde 1997, el Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez ofrece la especialización en Ingeniería Ambiental como el primer programa de postgrado.

En 1998 se estableció el programa de posgrado interinstitucional con la Universidad Autónoma de Chiapas para enseñar en el Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez la maestría en biotecnología.

Desde 2000 abrió la especialización en Biotecnología y un año después se inició la maestría en Ciencias en Bioquímica y licenciatura en Ciencias de la Computación.

En el año 2012 se acredita el programa educativo de Ingeniería Mecánica, seguido por las carreras de Ingeniería en Electrónica e Ingeniería Industrial por el organismo acreditador CACEI.

Actualmente es considerado una de las dos máximas casas de estudios del estado de Chiapas, junto con la Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas. Su lema es *Ciencia y Tecnología con Sentido Humano* y su actual director es el M.E.H José Luis Méndez Navarro. .

Cuenta con tres extensiones en las ciudades de Chiapa de Corzo, Carranza y la otra en la ciudad de Bochil, además posee un centro de posgrado para estudios de maestría en Ciencias en Mecatrónica, maestría en Ciencias en Ingeniería Bioquímica y el doctorado en Ciencias en Biotecnología.



1.2. MISIÓN.

Formar de manera integral profesionales de excelencia en el campo de la ciencia y la tecnología con actitud emprendedora, respeto al medio ambiente y apego a los valores éticos

1.3. VISIÓN.

Ser una Institución de excelencia en la educación superior tecnológica del sureste, comprometida con el desarrollo socioeconómico sustentable de la región.

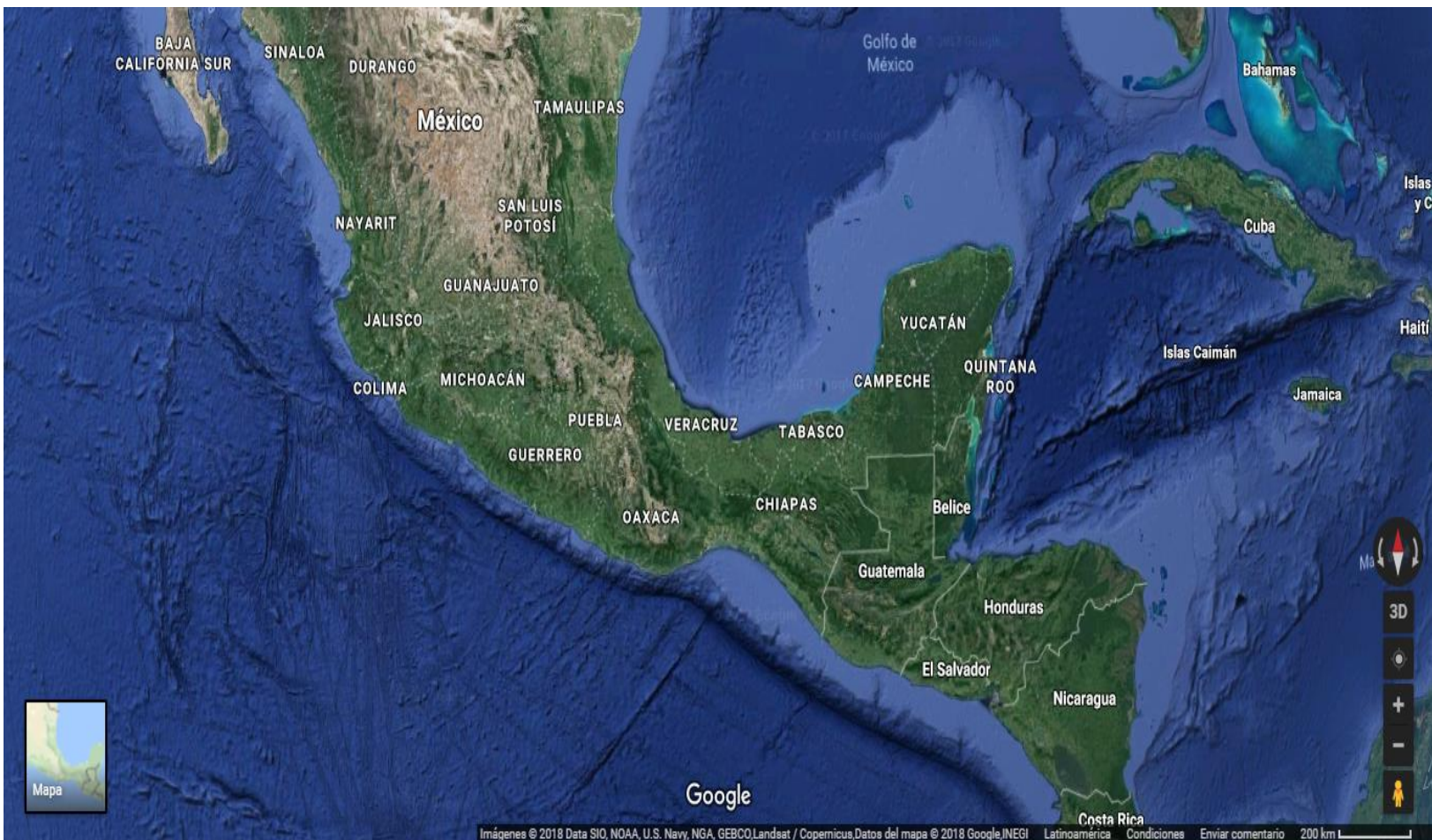
1.4. VALORES.

- ➔ El ser humano
- ➔ El espíritu de servicio.
- ➔ El liderazgo.
- ➔ El trabajo en equipo.
- ➔ La calidad.
- ➔ El alto desempeño.
- ➔ Respeto al medio ambiente.

1.5. UBICACIÓN.

1.5.1. MACRO LOCALIZACIÓN

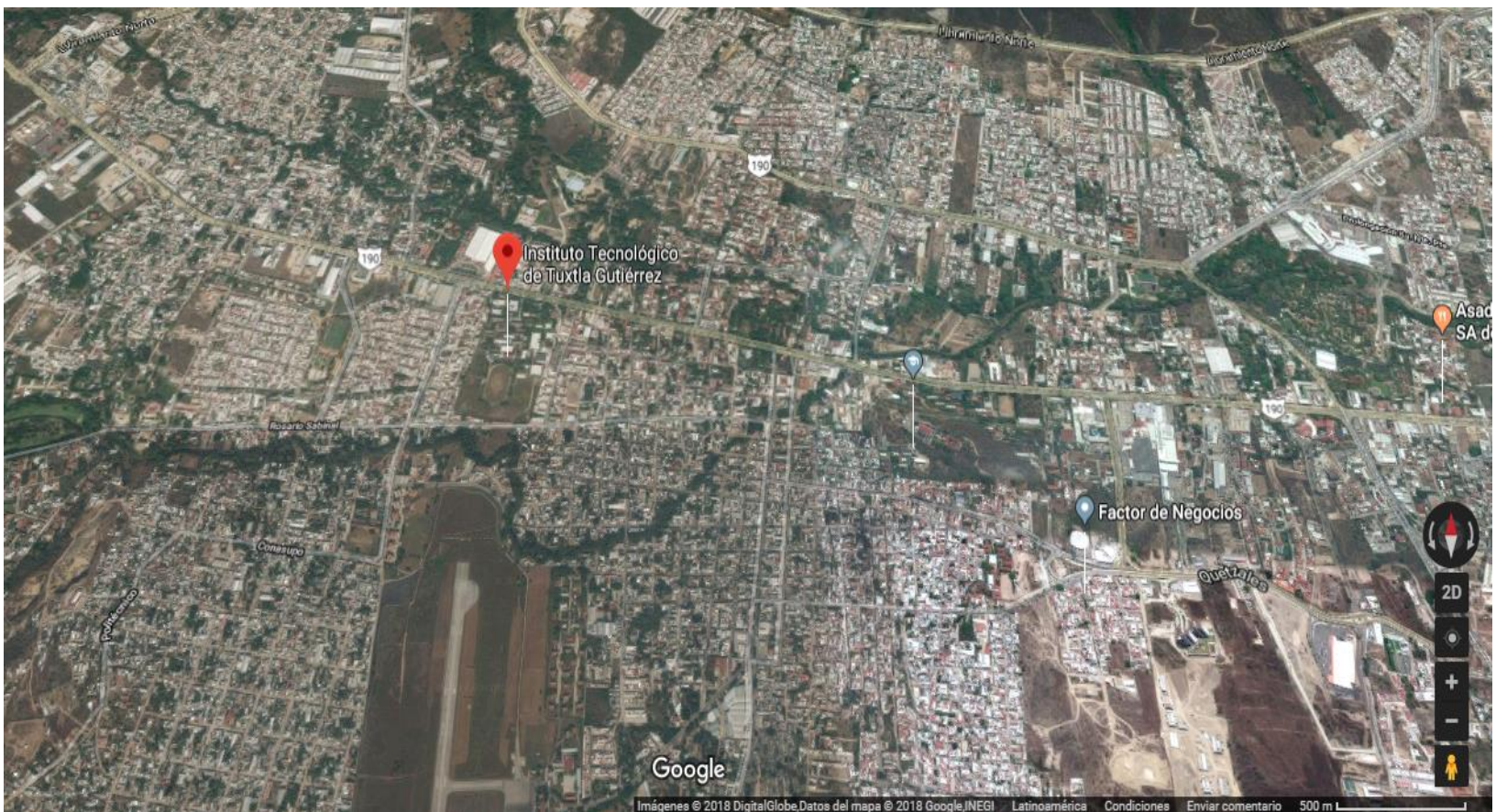
El Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez está situado en el estado de Chiapas localizado al Sureste de México, colindando al norte con el estado de Tabasco, al oeste con Veracruz y Oaxaca. Al sur con el Océano Pacífico y al este de la república de Guatemala.



Macro localización del Instituto Tecnológico de Chiapas, Google Maps 2018

1.5.2. MICRO LOCALIZACIÓN

El Instituto Tecnológico de encuentra situado en la capital de Tuxtla Gutiérrez Chiapas, ubicada en carretera panamericana Km. 1080, Terán, 29050.



Micro localización del ITTG, Google Maps 2018

1.5.3. GIRO.

El Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez es una institución de giro educativo.

2. CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE INVESTIGACIÓN.

Este proyecto de investigación se llevó a cabo dentro de las instalaciones del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez, mismo que se compromete a la formación de profesionales altamente capacitados en el campo de la ciencia y la tecnología, garantizando su formación integral a través del desarrollo de competencias, bajo el cumplimiento de los requisitos de un Sistema de Gestión de la Calidad con la responsabilidad de mantener su eficacia y mejora continua.

Este proyecto pertenece al área de posgrado del nivel de Maestría en Ciencias de Ingeniería Bioquímica (MCIBQ) del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez, el cual es uno de los posgrados más importantes del estado de Chiapas ya que se encuentra dentro del Padrón Nacional de Programas de Calidad (PNPC) del CONACYT.

2.1. PROBLEMÁTICA A RESOLVER.

El avance en los conocimientos ha llevado inevitablemente a un cambio de costumbres laborales y por tanto a la búsqueda de nuevos dispositivos que satisfacen las nuevas necesidades creadas.

La preocupación por la influencia en nuestra salud de los procesos industriales que se llevan a cabo para la sostenibilidad de nuestro país y los residuos que estos generan es cada vez más acuciante y dentro de esta preocupación, se incluye el incremento de gases nocivos en la atmosfera.

La búsqueda de nuevos métodos que contribuyan a la calibración de sensores que detecten gases contaminantes, constituye el tema principal del trabajo aquí desarrollado. Se enmarca dentro de la investigación dirigida a solucionar la preocupación existente por mantener una atmosfera libre de gases nocivos para nuestra salud.

Mientras una parte de las investigaciones realizadas en esta área se dirige a conocer los límites de concentración que detecta el sensor MQ-135 de gas benceno, el cual es de nuestro interés, mismo que puede ser nocivo para nuestra salud. Otra parte se dirige a la búsqueda de un método de calibración que pueda detectar y registrar el gas en concentraciones que son suficientes para perjudicar nuestra salud.

Con este objetivo uno de los dispositivos más investigados actualmente es el de benceno. Ya que es un módulo que posee una alta sensibilidad para la detección de gases tóxicos.

El objetivo de este trabajo es poder comprender lo mejor posible el método utilizado para calibrar el sensor MQ-135 y del gas en particular, su deposición y características. Para en trabajos futuros entrar con la adición de dopantes de este tema, y así mismo hacer el método más fiable y selectivo.

Se pudo verificar que en México no ha sido publicada alguna metodología para el uso de sensores de gases contaminantes, esto debido a que no existe un método seguro de la calibración previa al uso del sensor. Por ello se plantea este trabajo de residencia, para comenzar a desarrollar el área de investigación e innovación.

2.6. ALCANCES.

El presente procedimiento es de aplicación a los detectores de gas que tienen indicación de lectura, es decir, aparatos que miden la concentración de gas. Entre los gases que pueden detectar cabe destacar el oxígeno, monóxido de carbono, dióxido de carbono, benceno, etcétera.

El detector de gas puede medir uno o más de estos componentes y en rangos y resoluciones determinadas para cada uno de ellos. Quedan fuera del alcance de este procedimiento los detectores de gas que solamente producen una señal o alarma, óptica o acústica.

2.7. LIMITACIONES.

Las presentes limitaciones restringirán la investigación:

Falta de tiempo y equipo disponible para mediciones técnicas con otros gases como Tolueno y Xileno.

Por causas naturales el año pasado hubo una suspensión en las instalaciones del ITTG, mismos que nos perjudicó en una parte con la fase de experimentación en el laboratorio de ambiental, reanudando actividades hasta octubre.

Disponibilidad de ingenieros especialistas en la programación de otros sensores.

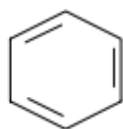
Debido a que la programación es algo extensa y requiere de tiempo, este proyecto se limita a poder llevar a cabo la calibración de otros sensores de interés como lo son el de Tolueno y Xileno. Concentrándose en lograr con éxito la estructura de un método el cual nos permita calibrar el sensor MQ-135 que detecte gas benceno.

3. MARCO TEÓRICO.

3.1. CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LOS COMPUESTOS AROMÁTICOS BENCENO, TOLUENO Y XILENOS (BTX).

El benceno, así como el tolueno (benceno con un hidrógeno reemplazado por un grupo metilo) y los xilenos (benceno con dos hidrógenos reemplazados por dos grupos metilo, en posiciones orto, meta y para) son constituyentes del petróleo crudo y de la gasolina. En conjunto se conocen como BTX y son sobre todo contaminantes urbanos. 6.1.1. Benceno. El benceno, (C₆H₆) es un líquido incoloro de aroma dulce y sabor ligeramente amargo (Sanambi 2008a).

Molécula.



Símbolos; frases de riesgo	Nº CAS	Nº EC	Nº NU
F, T R: 45-46-11-36/38-48/23/24/25 S: 65-53-45	71-43-2	200-753-7	1114

F: Fácilmente inflamable

T: Tóxico

R 45-46-11-36/38-48/23/24/25-65: Puede causar cáncer. Puede causar alteraciones genéticas hereditarias. Fácilmente inflamable. Irrita los ojos y la piel. Tóxico: riesgo de efectos graves para la salud en caso de exposición prolongada por inhalación, contacto con la piel e ingestión. Nocivo. Si se ingiere puede causar daño pulmonar

S 53-45: Evítase la exposición - recábense instrucciones especiales antes del uso. En caso de accidente o malestar, acúdase inmediatamente al médico (si es posible, muéstrela la etiqueta).

Se evapora al aire rápidamente y es poco soluble en agua. Es sumamente inflamable, volátil y se forma tanto en procesos naturales como en actividades humanas. Se encuentra en la lista de los veinte productos químicos de mayor volumen de producción.

Algunas industrias usan el benceno como punto de partida para manufacturar otros productos químicos usados en la fabricación de plásticos, resinas y fibras sintéticas como lo es el kevlar y en ciertos polímeros.

El benceno es usado como producto intermedio en la producción de numerosos productos químicos, como son etilbenceno, cumeno, ciclohexano, nitrobenceno, etc. También se usa benceno para hacer ciertos tipos de gomas, lubricantes,

tinturas, detergentes, medicamentos y plaguicidas. Los volcanes y los incendios forestales constituyen fuentes naturales de benceno.

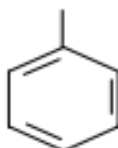
3.1.1 TOLUENO.

El tolueno es un líquido incoloro con un olor parecido a los disolventes de pintura. Es miscible con la mayor parte de los disolventes orgánicos no polares, pero casi inmisible en agua.

El tolueno o metilbenceno (C₆H₅CH₃) es la materia prima a partir de la cual se obtienen derivados del benceno, el ácido benzoico, el fenol, la caprolactama, la sacarina, medicamentos, colorantes, perfumes, TNT y detergentes. Existe en forma natural en el petróleo crudo y en el árbol de Tolú (Sanambi 2008b). Su nombre deriva del bálsamo del árbol Myroxylon balsamum (Bálsamo de Tolú o bálsamo de Colombia).

También se produce durante la manufactura de la gasolina y de otros combustibles a partir de petróleo crudo y en la obtención del coque a partir de carbón. El tolueno se adiciona a los combustibles (como antidetonante) y también se usa como disolvente para pinturas, revestimientos, hule, resinas, diluyente en lacas nitrocelulósicas y en adhesivos.

Molécula.



Símbolos; frases de riesgo	Nº CAS	Nº EC	Nº NU
F, Xn, Xi R: 11-38-48/20-63-65-67 S: 2-36/37-46-62	108-88-3	203-625-9	1294

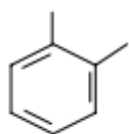
F: Fácilmente inflamable
Xn: Nocivo
Xi: Irritante

R 11-38-48/20-63-65-67: Fácilmente inflamable. Irrita la piel. Nocivo: riesgo de efectos graves para la salud en caso de exposición prolongada por inhalación. Posible riesgo durante el embarazo de efectos adversos para el feto. Nocivo: si se ingiere puede causar daño pulmonar. La inhalación de vapores puede provocar somnolencia y vértigo. S 2-36/37-46-62: Manténgase fuera del alcance de los niños. Úsense indumentaria y guantes de protección adecuados. En caso de ingestión, acúdase inmediatamente al médico y muéstresele la etiqueta o el envase. En caso de ingestión no provocar el vomito: acúdase inmediatamente al médico y muéstresele la etiqueta o el envase. R 11-38-48/20-63-65-67: Fácilmente inflamable. Irrita la piel. Nocivo: riesgo de efectos graves para la salud en caso de exposición prolongada por inhalación. Posible riesgo durante el embarazo de efectos adversos para el feto. Nocivo: si se ingiere puede causar daño pulmonar. La inhalación de vapores puede provocar somnolencia y vértigo. S 2-36/37-46-62: Manténgase fuera del alcance de los niños. Úsense indumentaria y guantes de protección adecuados. En caso de ingestión, acúdase inmediatamente al médico y muéstresele la etiqueta o el envase. En caso de ingestión no provocar el vomito: acúdase inmediatamente al médico y muéstresele la etiqueta o el envase.

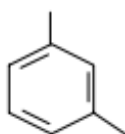
3.1.2. XILENO.

Xileno es el nombre de los dimetilbencenos. Según la posición relativa de los grupos metilo en el anillo de benceno se hace la diferencia entre orto-, meta-, y para- xileno (o con sus nombres sistemáticos 1,2-; 1,3-; y 1,4- dimetilbenceno) (Sanambi 2008c).

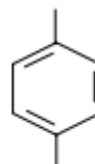
Molécula.



o-Xileno



m-xileno



p-xileno

Símbolos; frases de riesgo	Nombre químico	Nº CAS	Nº EC	Nº NU
Xn R: 10-20/21-38 S: (2-)25	o-xileno	95-47-6	202-422-2	1307
	m-xileno	108-38-3	203-576-3	1307
	p-xileno	106-42-3	203-396-5	1307

Xn: Nocivo

R 10-20/21-38: Inflamable. Nocivo por inhalación y en contacto con la piel. Irrita la piel.

S (2-)25: Manténgase fuera del alcance de los niños. Evítese el contacto con los ojos.

Se trata de líquidos incoloros e inflamables con un olor característico parecido al del tolueno. Los xilenos se encuentran en los gases de coque, en los gases obtenidos en la destilación seca de la madera (de allí su nombre: χιλων significa madera en griego) y en algunos petróleos.

Tienen muy buen comportamiento a la hora de su combustión en motores a gasolina y por esto se intenta aumentar su contenido en procesos de reformación. Los xilenos son buenos disolventes y se usan como tales. Además forman parte de muchas formulaciones de combustibles de gasolina donde destacan por su elevado índice de octano.

Los xilenos son nocivos, sus vapores pueden provocar dolor de cabeza, náuseas y malestar general, aunque en la gasolina los BTX representan sólo una pequeña fracción, en la actualidad se emplean como aditivos, junto con alcanos muy ramificados para elevar el octanaje en sustitución del tetraetilo de plomo. La indiscutible ventaja de la sustitución está en la eliminación de esta importante fuente de plomo en el aire. Sin embargo, si bien el convertidos catalítico es capaz de oxidar los hidrocarburos no quemados que salen del escape de los vehículos, cuando el catalizador ya no sirve (o cuando el convertidor catalítico ni siquiera

existe) las emisiones vehiculares contienen una alta proporción de hidrocarburos aromáticos.

Niveles ambientales de BTX.

La presencia de BTX en el aire ha sido detectada en varios países, tanto desarrollados como en vías de desarrollo. La tabla 6.1 muestra algunos ejemplos de medición de BTX realizadas en varias partes del mundo, tanto en ambientes interiores como exteriores, utilizando medios pasivos y activos de muestreo y extrayendo la muestra con solventes o con calor.

En general se observa que la concentración en interiores es mayor que en ambientes exteriores y que el compuesto aromático más abundante es el benceno y el menos abundante el tolueno. La información existente muestra que los niveles ambientales para compuestos como benceno puede estar por arriba de los niveles recomendados por la Organización Mundial de la Salud o los admisibles en Japón o en la Unión Europea.

Tabla 6.1. Ejemplos de Concentraciones de ambientes interiores y exteriores para BTX en algunas partes del mundo

Autor	Método de muestreo	Lugar	Método de análisis	Intervalo de Concentración		
				Interiores µg/m ³	exteriores µg/m ³	
Brickus et al. 1998	Aire bombeado a tubos con carbón	Brasil Oficinas	Extracción dicitlorometano	GC-FID	b 1.6-34.5 t 2.2-320.5 x 1.8-60.6	
Brown et al. 1998	Muestreadores pasivos (cartuchos) de Tenax	Reino Unido Aire interior y exterior de una casa	Desorción térmica	GC-FID	b 9.4-14.9 t 17.5-33.5 x 4.8-19.5	b 2.7-6.5 t 6.4-12 x 1.7-8.6
Schneider et al. 1999	Muestreadores pasivos	Alemania Interiores (casas-habitación)	Elusión en CS ₂	GC-FID	b 0.35-14.1 t 8.85-103.8 x 0.09-34	b 0.83-5.2 t 1.1-16 x 0.09-8.5
Fernández et al. 2001	Aire bombeado a tubos con Tenax	España Aire ambiente urbano	Desorción térmica	GC-MS		b 0.35-54.2 t 0.81-103.4 x 0.12-57.8
Iigen et al. 2001	Aire bombeado a tubos con Tenax	Alemania Aire ambiente urbano	Desorción térmica	GC-MS		b 0.9-3.8 t 2.6-10.8 x 2.5-9.6
Kim et al. 2001	Aire bombeado a tubos con Tenax GR y Carbotrap	Reino Unido Aire interior y exterior urbano	Desorción térmica	GC-MS	b 3.4-63.7 t 8.8-99.3 x 0.4-16.1	b 0.7-29.8 t 2.2-75.7 x 0.2-22.5
Sapkota et al. 2005	Aire bombeado a tubos con Carbopack B y Carboxen 1000	Estados Unidos Aire interior y exterior de una caseta de cobro de un túnel	Desorción térmica	GC/MS	b 0.29-14.9 t 0.23-40.4 x 0.05-31.8	b 2.92-35.0 t 0.23-45.2 x 0.08-27.6
Zhu et al. 2005	Aire bombeado a tubos con Carbopack B y Carboxen 1000	Canadá Aire ambiente urbano	Desorción térmica	GC-MS	b 0.025-21 t 0.02-112.9 x 0.01-205.1	b 0.025-16.9 t 0.015-30.1 x 0.01-30.9

Diferentes factores, entre ellos la dificultad para determinar fácilmente su presencia en el ambiente y/o su impacto en la salud ha resultado en procesos más complejos y más lentos para el establecimiento de normas sobre niveles ambientales permisibles para estos compuestos. Es de suponer que los niveles de tolueno sean los más importantes entre los BTEX ya que sus emisiones superan ampliamente las de los demás.

Como se mencionó anteriormente, el tolueno es el contaminante que se emite en mayor cantidad y es el sector industrial el principal generador, con cerca del 39% del total. Este contaminante proviene, en su mayor parte, de la actividad de recubrimiento de superficies arquitectónicas (pinturas vinílicas) y del recubrimiento de superficies industriales, el cual es utilizado como solvente para limpieza y desengrase, así como diluyente de pinturas y lacas.

Entre los contaminantes tóxicos de sus emisiones representan el 28% mientras que las de xilenos totales son el 7% y las de benceno son sólo el 4%. En orden de importancia, los contaminantes tóxicos que se emiten en más de 6 mil toneladas anuales son el tolueno, el metanol, el 1,1,1-tricloroetano, los xilenos, el n-hexano, el metil terbutil éter, el tricloroetileno, el benceno y el mxileno. Estos nueve contaminantes representan el 73% de la emisión total.

Al considerar las emisiones por fuente se aprecia que el tolueno proviene tanto de fuentes puntuales, de área y móviles mientras que el benceno de fuentes móviles lo mismo que los xilenos (tabla 6.2) (GDF 2006).

La tabla 6.3 muestra la emisión de contaminantes tóxicos (GDF 2006). Se observa que las fuentes principales son las de área y las móviles (51 y 29% de las emisiones totales respectivamente).

Tabla 6.2. Emisiones de contaminantes tóxicos del aire por fuente en la ZMVM [ton/año]

Contaminante	Puntuales	Área	Móviles	Vegetación y suelos	Total
Tolueno	15,626	18,308	14,850	N/A	48,784
Metanol	2,768	8,825	N/E	5,059	16,652
1,1,1-Tricloroetano	N/S	14,228	N/E	N/A	14,228
Xilenos (Isómeros y Mezclas)	1,803	2,839	8,368	N/A	13,010
n-Hexano	1,920	5,601	1,431	N/A	8,952
MTBE	N/S	932	6,119	N/A	7,051
Tricloroetileno	1	6,949	N/E	N/A	6,950
Benceno	268	819	5,482	N/A	6,569
m-Xileno	151	6,022	N/E	N/A	6,173
2,2,4-Trimetilpentano	8	684	5,135	N/A	5,827
Formaldehído	346	308	3,709	205	4,568
Etilbenceno	N/S	1,824	2,277	N/A	4,101
o-Xileno	284	2,636	N/E	N/A	2,920
Bromuro de Metilo (Bromometano)	N/S	2,918	N/E	N/A	2,918
Metil Etil Cetona (2-Butanona)	1,016	1,643	N/E	N/A	2,659
1,3-Dicloropropano	N/S	2,103	N/E	N/A	2,103
Metil Isobutil Cetona (Hexona)	1,175	844	N/E	N/A	2,019
Acetaldehído	23	96	1,234	505	1,858
Metales	378	1,568	1	4	1,951
Otros	4,183	9,701	1,703	N/A	15,587
Total	29,950	88,848	50,309	5,773	174,880

N/S: No Significativo; N/E: No Estimado; N/A: No Aplica.
Tomado de GDF 2006

A continuación (tabla 6.4) se presentan por orden de importancia los contaminantes tóxicos estimados (GDF 2006). Se observa que las emisiones de tolueno destacan con más de 48 mil toneladas anuales lo que representa el 28% de las emisiones totales.

Como se mencionó anteriormente, el tolueno es el contaminante que se emite en mayor cantidad. El sector industrial es el principal generador con cerca del 39% del total. Este contaminante, que se usa como solvente, proviene en su mayor parte de la actividad de recubrimiento de superficies arquitectónicas (pinturas vinílicas) y del recubrimiento de superficies industriales. También es ampliamente usado para limpieza y desengrase y como diluyente de pinturas y lacas. En fuentes móviles, la categoría de autos particulares (que representan el 80% del parque vehicular) es la que más contribuye a la emisión de tolueno (contaminante asociado con la combustión de gasolina. Respecto a las fuentes puntuales, la industria química es la mayor generadora de emisiones de tolueno.

Tabla 6.4. Principales contaminantes tóxicos

Contaminante	(ton/año)	%
Tolueno	48,784	28
Metanol	16,652	9
1,1,1-Tricloroetano	14,228	8
Xilenos (isómeros y mezclas)	13,010	7
n-Hexano	8,952	5
Metil ter-butil éter	7,051	4
Tricloroetileno	6,950	4
benceno	6,569	4
m-Xileno	6,173	4
2,2,4-trimetilpentano	5,827	3
Formaldehído	4,568	3
Etilbenceno	4,101	2
o-Xileno	2,920	2
Bromuro de metilo (Bromometano)	2,918	2
Metil etil cetona (2-Butanona)	2,659	2
1,3-Dicloropropano	2,103	1
Metil isobutil cetona (Hexona)	2,019	1
Acetaldehído	1,858	1
Metales	1,951	1
Otros	15,587	9
Total	174,880	100

Éste es utilizado como materia prima en la obtención de otros compuestos químicos como el benceno, el fenol y el diisocianato de tolueno. Excepto por el caso de algunos hidrocarburos aromáticos (el xileno, el benceno y el etilbenceno) y el MTBE, que son generados sobre todo por las fuentes móviles, las fuentes de área son las responsables de la emisión de casi todos demás contaminantes tóxicos.

Las emisiones de las fuentes de área son 44% más altas que las de las fuentes móviles y casi tres veces la emisión de las fuentes puntuales.

En la Tabla 6.5 se presentan las emisiones por contaminante, así como su contribución por tipo de fuente. En las fuentes de área se genera el 98% del m-xileno, contaminante que resulta de la degradación de la materia orgánica en los rellenos sanitarios. Las fuentes móviles generan más del 80% del formaldehído, del 2,2,4- trimetilpentano, del benceno y del metil terbutil éter; los cuales están ligados a la quema de combustibles fósiles.

Cabe mencionar que la gasolina contiene una gran concentración de compuestos tóxicos, cuyo riesgo está asociado a la inhalación de las emisiones del escape de los vehículos y de la gasolina evaporada, incluyendo las despedidas al llenar el tanque del vehículo.

La vigilancia y el control de los BTX debe llevarse a cabo por medio de un riguroso programa que incluya la elaboración y subsiguiente aplicación de una norma de calidad del aire para estos compuestos y, desde luego, de su monitoreo en todo el país.

6.5. Emisiones de contaminantes tóxicos de aire

Contaminante	Puntuales	Área	Móviles	Vegetación y suelos	Total
Tolueno	15,626	18,308	14,850	N/A	48,784
Metanol	2,768	8,825	N/E	5,059	16,652
1,1,1-Tricloroetano	N/S	14,228	N/E	N/A	14,228
Xilenos (isómeros y mezclas)	1,803	2,839	8,368	N/A	13,010
n-Hexano	1,920	5,601	1,431	N/A	8,952
Metil ter-butil éter	N/S	932	6,119	N/A	7,051
Tricloroetileno	1	6,949	N/E	N/A	6,950
benceno	268	819	5,482	N/A	6,569
m-Xileno	151	6,022	N/E	N/A	6,173
2,2,4-trimetilpentano	8	684	5,135	N/A	5,827
Formaldehído	346	308	3,709	205	4,568
Etilbenceno	N/S	1,824	2,277	N/A	4,101
o-Xileno	284	2,636	N/E	N/A	2,920
Bromurote metilo (Bromometano)	N/S	2,918	N/E	N/A	2,918
Metil etil cetona (2-Butanona)	1,016	1,643	N/E	N/A	2,659
1,3-Dicloropropano	N/S	2,103	N/E	N/A	2,103
Metil isobutil cetona (Hexona)	1,175	844	N/E	N/A	2,019
Acetaldehído	23	96	1,234	505	1,858
Metales	378	1,568	1	4	1,951
Otros	4,183	9,701	1,703	N/A	15,587
Total	29,950	88,848	50,309	5,773	174,880

3.2. EFECTOS DE LOS BTX SOBRE LA SALUD.

Benceno. Se ha observado que el benceno presenta los siguientes efectos sobre la salud (Sanbasi 2008a):

Inhalación.

Provoca vértigo, somnolencia, dolor de cabeza, náuseas, jadeo, convulsiones y pérdida del conocimiento. Respirar, inhalar, aspirar, inspirar o ingerir niveles de benceno muy altos puede causar la muerte, mientras que niveles bajos pueden causar somnolencia, mareo, alucinaciones, aceleración del latido del corazón o taquicardia, dolores de cabeza, migrañas, temblores, tiritar, confusión y pérdida del conocimiento.

Ingestión.

A moderadas concentraciones puede provocar palidez, mareos y excitación seguidos por disnea, opresión en el pecho, dolor de cabeza y debilidad. Indicios clínicos de la ingestión de mayores concentraciones pueden ser euforia y excitación, seguidos por fatiga, coma y muerte. La ingestión de 9 a 12 gramos de benceno ha causado vómitos, taquicardia, forma de andar extraña, somnolencia, pérdida del conocimiento y delirios, seguidos por neumonitis química y colapso, con estimulación inicial seguida por depresión súbita del SNC. Comer o tomar altos niveles de benceno puede causar vómitos o acidez, irritación del estómago, úlceras estomacales, mareo, somnolencia o convulsiones; y en último extremo la muerte.

Contacto con la piel.

El benceno se puede absorber por la piel. Provoca un fuerte efecto irritante, eritema y quemaduras. En casos más graves produce edema.

Contacto con los ojos.

Produce enrojecimiento y dolor. Después de producirse contacto por salpicaduras en los ojos puede ocurrir daño reversible en las células epiteliales. La exposición de larga duración al benceno se manifiesta en la sangre. El benceno produce efectos nocivos en la médula de los huesos y puede causar una disminución en el número de glóbulos rojos, lo que conduce a la anemia.

El benceno también puede producir hemorragias y daños en el sistema inmunitario, aumentando así las posibilidades de contraer infecciones por inmunodepresión. Se ha determinado que el benceno es un reconocido cancerígeno en seres humanos y otros mamíferos lactantes.

La exposición de larga duración a altos niveles de benceno en el aire puede producir leucemia, un cáncer de los tejidos que fabrican las células de la sangre como también cáncer de colon.

La tabla 6.6 muestra el efecto sobre la salud humana de distintas concentraciones de benceno.

Tolueno.

El tolueno es una sustancia nociva aunque su toxicidad es muy inferior a la del benceno. El tolueno puede afectar al sistema nervioso. Niveles bajos o moderados pueden producir cansancio, confusión, debilidad, pérdida de la memoria, náusea, pérdida del apetito y pérdida de la audición y la vista. Estos síntomas generalmente desaparecen cuando la exposición termina (Sanbasi 2008b).

Los vapores de tolueno presentan un ligero efecto narcótico e irritan los ojos. Inhalar niveles altos de tolueno durante un período breve puede hacer que uno se sienta mareado o soñoliento. Puede causar, además, pérdida del conocimiento y, en casos extremos, la muerte.

La concentración máxima permitida de los vapores del tolueno en los lugares de trabajo es de 50 ppm (partes por millón) (190 mg/m³).

Tabla 6.6. Efecto de la concentración de benceno en la salud

Concentración de benceno	Efecto
4,8-15 mg/m ³ (1,5-4,7 ppm)	Detección de olor (La alerta por el olor es insuficiente).
160-479 mg/m ³ (50-150 ppm)	Exposiciones de 5 horas a esta concentración pueden causar dolor de cabeza, desfallecimiento y debilidad.
1597 mg/m ³ (500 ppm)	Exposiciones de 60 minutos a esta concentración pueden conducir a síntomas de enfermedad.
2236-9583 mg/m ³ (700-3000 ppm)	Puede causar somnolencia, mareos, taquicardia, dolor de cabeza, temblores, confusión e inconsciencia.
A partir de 9583 mg/m ³ (a partir de 3000 ppm)	Puede provocar envenenamiento agudo, caracterizado por la acción narcótica del benceno en el SNC.
23957 mg/m ³ (7500 ppm)	Exposiciones de 30 minutos a esta concentración pueden ser fatales.
31943-63886 mg/m ³ (10000-20000 ppm)	Exposiciones de 5 a 10 minutos a esta concentración puede provocar la muerte.

Inhalación.

Puede provocar vértigo, somnolencia, dolor de cabeza, náuseas y pérdida del conocimiento. La inhalación aguda produce excitación y posterior depresión del SNC con ataxia, fatiga, convulsiones y anestesia general. Puede producirse muerte súbita por hipoxia o disritmia cardíaca.

Ingestión.

La ingestión aguda causa depresión del SNC, vómitos y dolor gástrico y orofaríngeo.

Contacto con la piel.

Puede provocar piel seca y enrojecimiento.

Contacto con los ojos.

El contacto con los ojos puede producir irritación, quemaduras, blefaroespasmos, conjuntivitis, edema y abrasiones corneales. La tabla 6.7 muestra el efecto sobre la salud humana de distintas concentraciones de tolueno.

Tabla 6.7. Efecto de la concentración de tolueno en la salud

Concentración de tolueno	Efecto
8 mg/m ³ (2,14 ppm)	Detección de olor.
188-377 mg/m ³ (50-100 ppm)	Fatiga o dolor de cabeza. Deterioro observable del tiempo de reacción o de la coordinación.
753 mg/m ³ (200 ppm)	Irritación suave de los ojos y de la garganta.
377-1130 mg/m ³ (100-300 ppm)	Se pueden producir indicios perceptibles de incoordinación en periodos de exposición de hasta 8 horas.
1507 mg/m ³ (400 ppm)	Lagrimo e irritación de ojos y garganta.
1130-3014 mg/m ³ (300-800 ppm)	Se pueden esperar grandes indicios de incoordinación en periodos de exposición de hasta 8 horas.
2260-3014 mg/m ³ (600-800 ppm)	Causa fatiga, náuseas, exposiciones de 3 horas. Confusión y ataxia.
5650 mg/m ³ (1500 ppm)	Probablemente no es mortal durante periodos de exposición de hasta 8 horas.
15067 mg/m ³ (4000 ppm)	Probablemente perjudicaría rápidamente al tiempo de reacción y a la coordinación. Exposiciones de una hora o más pueden conducir a depresión del SNC y posiblemente a la muerte.
26368 mg/m ³ (7000 ppm)	Se ha observado paresis, amnesia y estupefacción.
37669 mg/m ³ (10000 ppm)	Causa anestesia general.
37669-113006 mg/m ³ (10000-30000 ppm)	En pocos minutos aparece la depresión del SNC, exposiciones más prolongadas pueden ser mortales.

Xileno

Los xilenos muestran los siguientes efectos sobre la salud (Sanbasi 2008c):

Inhalación.

Puede causar mareo, somnolencia, dolor de cabeza y náuseas. La inhalación puede provocar toxicidad hepática y renal reversible. Altas concentraciones de vapor pueden producir excitación del SNC seguido por narcosis, cambios olfativos, irritación del tracto respiratorio y edema pulmonar no cardiogénico. Exposiciones graves pueden causar la muerte debido a paro respiratorio y/o disrritmias ventriculares. La aspiración pulmonar puede provocar neumonitis y edema pulmonar no cardiogénico.

Ingestión.

Puede provocar sensación de quemazón y dolor abdominal. La ingestión de xileno puede causar fibrilación ventricular, toxicidad hepática y renal, depresión del SNC, sensación de quemazón en la orofaringe y en el estómago y vómitos.

Contacto con la piel.

Puede provocar piel seca y enrojecimiento. El contacto con el líquido puede provocar desengrasamiento de la piel con irritación, sequedad, eritema, y piel agrietada. Se pueden producir ampollas, especialmente si la exposición a xileno concentrado es prolongada.

Contacto con los ojos.

Puede causar enrojecimiento y dolor. Breves exposiciones a altas concentraciones de vapor puede causar una sensación de irritación. Se produjo queratopatía vacuolar en unos pocos trabajadores con una exposición prolongada a altas concentraciones de vapor. Salpicaduras en los ojos han producido lesiones superficiales y pasajeras. En la bibliografía antigua se informa que después del contacto del ojo con xileno líquido puede provocar conjuntivitis y ocasionalmente quemaduras en la córnea.

Además, las exposiciones cortas a los componentes de la gasolina (BTX) se han asociado con irritaciones de la piel, algunos problemas del sistema nervioso central (cansancio, mareos, dolor de cabeza, pérdida de la coordinación) así como efectos sobre el sistema respiratorio y los ojos. Las exposiciones prolongadas también pueden también afectar los riñones y el hígado. Todos estos expuestos, en mayor o menor grado, a estos contaminantes cuando están en el ambiente (en el aire, agua o suelo) ya sea en el trabajo o en el hogar.

El riesgo de exposición se incrementa en áreas urbanas, sobre todo en las cercanías de vías con alta densidad vehicular y, por supuesto, de gasolineras. La tabla 6.8 muestra el efecto sobre la salud humana de distintas concentraciones de xilenos.

Tabla 6.8. Efecto de la concentración de xilenos en la salud

Concentración de xileno	Efecto
130-1520 mg/m ³ (30-350 ppm)	Se ha asociado con anorexia, gusto dulce en la boca, náuseas y vómitos.
434-2997 mg/m ³ (100-690 ppm)	Pueden producir efectos leves en la memoria a corto plazo y en el tiempo de reacción, leves mareos, somnolencia, dolor de cabeza y vértigo.
3909 mg/m ³ (900 ppm)	IDLH (Inmediatamente peligroso para la vida y la salud; 30 minutos).
Mayor de 13031 mg/m ³ (mayor de 3000 ppm)	Pueden causar depresión del SNC con confusión y coma.
Mayor de 26061 mg/m ³ (mayor de 6000 ppm)	Dos muertes se produjeron por la exposición a vapor concentrado durante una exposición de más de 12 horas.
43436 mg/m ³ (10000 ppm)	Concentración mínima letal en aire durante una exposición de 18 horas.

3.3. EFECTOS DE LOS BTX SOBRE LOS ECOSISTEMAS.

Los BTX se encuentran con frecuencia en derrames que van a dar al mar (en aceites y otros productos del petróleo) (Wang & Fingas 1996). El comportamiento de los tres BTX es bastante similar cuando son liberados en el ambiente por lo que se consideran como un grupo. La mayor parte de los crudos ligeros contienen BTX (de hecho, BTEX) entre 0.5 y hasta 5% o más. La gasolina puede contener hasta 40% de BTEX, compuestos que, por ser volátiles se volatilizan rápidamente en el aire al ser descargados al mar lo que produce una pérdida neta importante de BTEX. (NRC 2003).

Los BTEX son muy tóxicos para los organismos marinos si se mantiene el contacto. Son relativamente solubles en agua (la solubilidad del benceno es de unos 1400 mg/L y la de los xilenos de unos 120 mg/L).

Debido a la volatilidad de los BTEX el tiempo de exposición de los organismos acuáticos puede ser lo suficientemente corto para evitar los efectos de toxicidad. Los BTX en general son neurotóxicos para los organismos blanco. El benceno en particular es carcinogénico para los mamíferos y los seres humanos. (NRC 2003).

3.4. CARACTERIZACIÓN DE SENSORES.

Según la Real Academia Española (RAE), un sensor es un dispositivo que detecta una determinada acción externa, temperatura, presión, etc., y la transmite adecuadamente. Dentro de un sistema de medida, el sensor se encarga de la transducción de la señal física muestreada a una señal eléctrica.

En la siguiente tabla, se resumen las magnitudes físicas típicas que son detectadas por un sensor.

En la siguiente tabla, se resumen las magnitudes físicas típicas que son detectadas por un sensor.

Naturaleza	Ejemplos
Mecánica	Velocidad, desplazamiento, fuerza, presión, flujo, masa, aceleración, etc.
Térmica	Temperatura, calor, etc.
Eléctrica	Carga, corriente, resistencia, tensión, capacidad, polarización, frecuencia, etc.
Óptica	Infrarrojo, ultravioleta, visible, etc.
Química	Humedad, gas, PH, etc.
Biológica	Hormonas, proteínas, antígenos, etc.

TABLA 1: EJEMPLOS DE MAGNITUDES FÍSICAS POR NATURALEZA

3.5. CLASIFICACIÓN DE SENSORES.

Ahora se presentan los tipos de sensores existentes en la actualidad atendiendo a distintos criterios de clasificación.

– Según el principio físico de funcionamiento:

⊕ **Activos (Generadores):** son capaces de crear su propia energía para llevar a cabo la transducción.

♣ **Piezoeléctricos (zumbador):** dispositivos que emplean el efecto piezoeléctrico* para medir presión, aceleración, tensión o fuerza.

♣ **Fotoeléctricos (fotocélula):** dispositivos electrónicos que responden a la variación de la intensidad de la luz, diseñados principalmente para la detección de formas y colores y la detección y posicionado de objetos. Requieren un componente emisor de luz y uno que reciba dicha emisión.

♣ **Termoeléctricos (Termopares):** se trata de dispositivos de transducción formados por la unión de dos metales diferentes entre los que se da una diferencia

de potencial muy pequeña, función de la diferencia de temperatura entre los extremos (efecto Seebeck*).

♣ **Magnetoeléctricos:** basados en el efecto magnetoeléctrico* .

♣ **Electroquímicos:** Producen señales eléctricas en respuesta a cambios de concentración de sustancias o iones. La señal transformada es debida a una interacción electroquímica entre el analito y el electrodo, y según la técnica electroquímica para obtener la muestra pueden dividirse en:

- Conductimétrico
- Potenciométricos.
- Amperométricos.
- Otros.

⊞ **Pasivos (Moduladores):** necesitan un aporte de energía externa para poder realizar la transducción.

♣ **Resistivos (Resistencia variable):** transforman la variación de la magnitud a medir en una variación de su resistencia eléctrica.

- Potenciométricos.
- Termorresistivos.
- Fotorresistivos.
- Extensiométricos.
- Magnetorresistivos.
- Electroquímicos

♣ **Capacitivos (Capacidad variable):** transforman la variación de la magnitud a medir en una variación de la capacidad de un condensador.

♣ **Inductivos (Inductancia variable):** transforman la variación de la magnitud a medir en una variación de la inductancia de una bobina.

- Reluctancia variable.
- Permeancia variable.
- Transformador variable.
- Magnetostrictivos.
- Otros

→ Según el tipo de señales eléctricas que generan

⊗ **Analógicos:** Sensores en los que la señal de salida es de carácter continuo puede tomar cualquier valor dentro de unos márgenes determinados y llevan la información en su amplitud.

♣ **Según el tipo de señal:**

- **Señales variables:** Equivalen a la suma de un conjunto de sinusoides con una frecuencia mínima mayor que cero.

- o Periódicas.

- o No periódicas.

- **Señales continuas:** Aquellas que pueden descomponerse en una suma de senoides cuya frecuencia mínima es cero. Tienen un cierto nivel fijo durante un tiempo indefinido y representan la información mediante su amplitud.

♣ **Según la polaridad:**

- Unipolares.

- Bipolares.

⊗ **Digitales:** Sensores que generan señales eléctricas que únicamente toman un número finito de valores entre un máximo y un mínimo.

♣ **Salida en paralelo:**

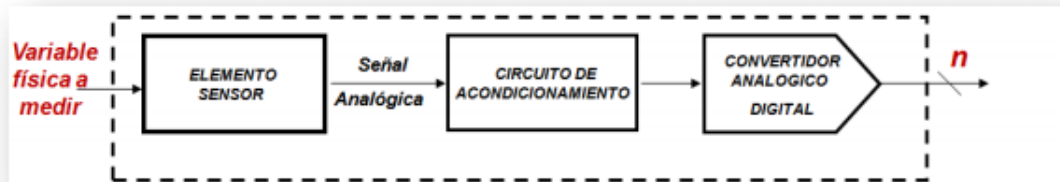


ILUSTRACIÓN 7: DIAGRAMA DE BLOQUES DE UN SENSOR DIGITAL CON SALIDA PARALELO

▪ **Salida en serie:**

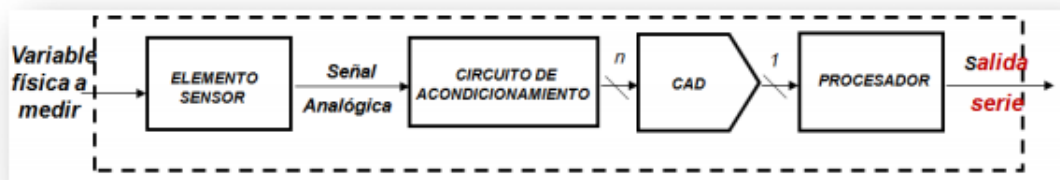


ILUSTRACIÓN 8: DIAGRAMA DE BLOQUES DE UN SENSOR DIGITAL CON SALIDA SERIE

⊗ **Temporales:** Sensores que proporcionan a su salida señales eléctricas en las que la información está asociada al parámetro tiempo.

♣ **Señales senoidales:** también llamadas señales moduladas, se obtienen modificando un parámetro temporal de una señal senoidal generada por un circuito oscilador mediante un circuito electrónico denominado demodulador. Dicho parámetro puede ser:

- Frecuencia.
- Fase.

♣ **Señales cuadradas:** Tienen una amplitud fija y un parámetro variable que puede ser:

- Frecuencia o período.
- Relación entre la duración del uno y el cero (On/Off):
- Duración de un impulso.
- Número total de impulsos que aparecen a la salida a partir de un determinado instante.

→ Según el campo de valores que miden:

⊗ **De medida:** proporciona a la salida todos los valores posibles correspondientes a cada valor de la variable de entrada dentro de un rango determinado.

⊗ **Todo-Nada (On-Off):** detecta si la magnitud de entrada está por encima o por debajo de un valor determinado. La salida es una señal eléctrica que únicamente puede tomar dos valores.

→ Según la forma constructiva (nivel de integración de los sensores):

⊗ **Discretos:** Los componentes electrónicos que forman el circuito de acondicionamiento están separados e interconectados entre sí. ⊗ **Integrados:** El circuito de acondicionamiento está integrado junto al elemento sensor en un único circuito integrado, monolítico o híbrido.

⊗ **Inteligentes:** Se trata de un sensor que como mínimo lleva a cabo una de las siguientes funciones:

- ♣ Cálculos numéricos.

- ♣ Comunicación en red (no punto a punto).
- ♣ Autocalibración y auto diagnóstico.
- ♣ Múltiples medidas con identificación del sensor.

– **Según el tipo de variable física medida**

- ⊗ Presión.
- ⊗ Temperatura.
- ⊗ Humedad.
- ⊗ Fuerza.
- ⊗ Desplazamiento/Velocidad/Aceleración de objetos.
- ⊗ Caudal.
- ⊗ Presencia y/o posición de objetos
- ⊗ Nivel de sólidos o líquidos.
- ⊗ Químicos.
- ⊗ Magnitudes eléctricas.
- ⊗ Magnitudes ópticas.
- ⊗ Otros.

Los sensores que normalmente son usados para satisfacer los requerimientos de calidad de aire en el área de trabajo y aplicaciones de seguridad son los sensores electroquímicos, sensores catalíticos, sensores de estado sólido, sensores infrarrojos, de fotoionización y de semiconductor, todos ellos descritos a continuación:

Sensor electroquímico

Principio de Operación

Consiste en un electrodo sensor (cátodo) y un contra electrodo (ánodo) separados por una delgada capa de electrolito*. El gas que entra en contacto con el sensor reacciona sobre la superficie del electrodo sensor generando una reacción de oxidación o reducción*. Los materiales del electrodo, específicamente

desarrollados para el gas de interés, catalizan* estas reacciones que generan una corriente proporcional a la concentración de gas.

Características comunes

→ **Bajo Consumo de Energía.** Lo que permite que el sensor sea usado en unidades portátiles, alimentadas con baterías.

→ **Buena Sensibilidad.** Por ello se trata de un tipo de sensor muy conveniente para aplicaciones de límite permisible en el área de trabajo, pero no es apto para aplicaciones de gases combustibles.

→ **Selectividad.** En comparación con otros sensores, algunos sensores electroquímicos son bastante selectivos al gas objetivo para el cual fueron diseñados. Sin embargo, algunos pueden tener una pobre selectividad, dependiendo del gas a ser detectado.

→ **Expectativa de Vida.** La expectativa de vida de un sensor electroquímico depende de diversos factores, incluyendo el gas a ser detectado y las condiciones medioambientales en las que el sensor se vaya a utilizar. Generalmente, la vida útil de este tipo de sensores es de uno a tres años. Sin embargo, algunos sensores son especificados de acuerdo a la dosificación de exposición del gas, como por ejemplo un sensor de amoníaco, típicamente catalogado para 5000 ppm·horas. En otras palabras, si el sensor es expuesto a 50 ppm de amoníaco constantemente, el supuesto es que el sensor funciona 100 horas.

Con los sensores electroquímicos se pueden detectar en torno a una treintena de gases en bajos rangos de ppm. Se trata de sensores diseñados para detectar gases como monóxido de carbono, sulfato de hidrógeno, dióxido de sulfuro, cloro y dióxido de nitrógeno, mientras que para otros pueden ser mucho menos confiables de lo especificado. En general, un sensor electroquímico es un tipo de sensor comúnmente usado en instrumentos portátiles para aplicaciones de bajas concentraciones. Para aplicaciones estacionarias, el uso es más limitado.

Sensor catalítico

Principio de Operación

Una mezcla combustible de gases no se quemará hasta que alcance la temperatura de ignición* , pero en presencia de materiales catalíticos, sin embargo, el gas empezará a quemarse a temperaturas más bajas. El sensor se forma con un alambre de platino en espiral recubierto con un óxido metálico tratado catalíticamente.

En presencia de gases combustibles, las moléculas de gas se queman sobre la superficie del sensor, lo cual causa que la temperatura del sensor se incremente. Este cambio de temperatura altera la resistencia del alambre de platino, que está conectado a un circuito de puente Wheatstone* que produce una señal proporcional a la concentración del gas.

Características comunes

La salida de un sensor catalítico es directamente proporcional a la concentración de gas, hasta el límite explosivo inferior. Es el sensor más empleado para la detección de gases combustibles.

→ **Expectativa de vida.** Depende del fabricante y de la aplicación, aunque típicamente se especifica que tiene de uno a dos años de vida útil.

→ **Alteración del Catalizador.** Hay elementos químicos que desactivarán el catalizador y harán al sensor insensible al gas. Los químicos comunes utilizados para el catalizador incluyen compuestos de silicón, compuestos de sulfato y cloro.

→ **Factores de Corrección.** La mayor parte de los sensores catalíticos se calibran con metano. La salida es diferente para otros hidrocarburos. Por ello, generalmente, un fabricante provee un conjunto de factores de corrección que permiten al usuario medir diferentes gases multiplicando las lecturas con los factores de corrección apropiados. Estos factores de corrección son exactos bajo condiciones controladas tales como cuando se utilizan los mismos tipos de sensores con el mismo calefactor y calibración. Los factores de corrección pueden variar de unos sensores a otros por pequeñas diferencias entre ellos o por el envejecimiento del sensor.

→ **Calidad del sensor:** Puede variar significativamente de un fabricante a otro.

→ **Sensor de Gas Combustible de Propósito General.** Este sensor es apto para uso en aplicaciones de instrumentos portátiles o estacionarios continuos para gases de hidrocarburos.

Sensor de estado sólido

Principio de operación

Un sensor de estado sólido se compone de uno o más óxidos metálicos de metales de transición. Estos óxidos metálicos están preparados y procesados en una pasta usada para formar un sensor en forma de burbuja. Se inserta un calefactor en el sensor para mantenerlo a una temperatura óptima para la

detección del gas. En presencia de un gas, el óxido metálico provoca una disociación* del gas en iones cargados o complejos, lo que genera una transferencia de electrones. Finalmente, para medir los cambios en la conductividad, se insertan unos electrodos en el óxido metálico.

Características y Aplicaciones

Los sensores de estado sólido están entre los más versátiles de todos los sensores, ya que pueden ser utilizados para detectar una variedad de gases en rangos de ppm bajos o rangos combustibles.

– **Versatilidad.** Con la variación de los materiales de óxidos metálicos, técnicas de procesamiento y temperatura de operación se obtienen distintas características de respuesta en los sensores. Esto permite que los sensores de estado sólido detecten cientos de gases en una variedad de rangos.

– **Larga expectativa de vida.** Un sensor de estado sólido apropiadamente construido y usado en aplicaciones normales tiene una expectativa de vida superior a los 10 años. La simplicidad en la construcción del sensor lo convierte en un sensor robusto que puede resistir golpes y vibración, y puede construirse para configuraciones con cajas anti explosivas. – **Selectividad.** Generalmente, los sensores de estado sólido tienen una selectividad* limitada.

Sensor infrarrojo

Principio de Operación

Los gases cuyas moléculas tienen de dos o más átomos disímiles* absorben la radiación infrarroja en longitudes de ondas específicas. Esta energía absorbida provoca el incremento de la temperatura de las moléculas de gas, y este cambio de temperatura se mide como una concentración de gas.

Características y Aplicaciones

La monitorización con un sensor infrarrojo se logra midiendo la interacción de la radiación infrarroja con las moléculas de gas. Esto es diferente a otras tecnologías en las que los sensores están directamente en contacto con el gas objetivo, que puede causar fallos tempranos. Con sensores infrarrojos, los componentes principales están protegidos por aparatos ópticos y, por esto, el sensor puede usarse en forma continua y exponerse a altas concentraciones de gas.

Seguidamente se listan las principales características de este tipo de sensores:

- **Robustez.** Los sensores al no estar expuestos directamente al gas, no se queman o saturan/fallan, ni se alteran debido a una prolongada exposición, problemas generalmente asociados a otro tipo de sensores. Además, estos sensores son construidos habitualmente para satisfacer requerimientos anti explosivos.
- **Anti Fallo.** Una pérdida de señal debido al fallo en uno de los componentes activará la alarma. Cuando la lectura de gas del sensor indica cero significa que está funcionando apropiadamente.
- **Aplicaciones.** Los sensores infrarrojos son ideales para aplicaciones de altas concentraciones de hidrocarburos, incluyendo rangos combustibles. También son monitores efectivos para medir el dióxido de carbono.

Sensor de fotoionización

Los detectores de fotoionización (PID) utilizan luz ultravioleta para ionizar las moléculas de gas y se emplean comúnmente en la detección de compuestos orgánicos volátiles (VOCs).

Principio de Operación

Una lámpara ultravioleta (UV) especialmente construida genera energía de radiación UV. Las moléculas del gas se ionizan por esta radiación UV, que es medida como una concentración de gas. La lámpara tiene un nivel de radiación de energía expresado en electrón-Voltio (eV). La energía establecida para lámparas estándares es de 8.4 eV, 9.6 eV, 10.6 eV y 11.7 eV. Entre ellas, la de 10.6 eV es la más práctica porque la lámpara es más robusta que otras. Además, la lámpara de 11.7 eV usa fluoruro de litio que es suave, frágil y fácilmente dañable. Hay que tener en cuenta que se detectarán aquellos gases cuyo potencial de ionización esté por debajo del nivel de salida de la lámpara. Por ejemplo, el benceno tiene un potencial de ionización de 9.4 eV y es detectable con una lámpara de 9.6, 10.6 u 11.7 eV.

Características y Aplicaciones

- **Buena Sensibilidad y Respuesta Rápida.** Estos detectores pueden detectar muchos gases a bajas concentraciones con tiempo de respuesta rápido.
- **Selectividad.** Un detector PID detecta todos los gases con un potencial de ionización bajo el nivel de energía de la lámpara.

Lamentablemente, la lámpara necesita ser limpiada a menudo y el instrumento calibrado frecuentemente para mantener la precisión en la medida. Por esto, los instrumentos PID no son prácticos para aplicaciones de sistemas multisensor.

Sensor de semiconductor

Principio de operación

Se basa en la variación de la conductividad que presentan algunos materiales semiconductores ante la presencia de algunos gases. El sensor incluye un material semiconductor sensible al gas que forma una resistencia base al aire. Esta resistencia varía ante la presencia de algunos gases y, haciendo circular una corriente por el semiconductor, su conductividad eléctrica varía aumentando con la concentración del gas.

Características y Aplicaciones

Los sensores de gas de semiconductor tienen campos de aplicación muy diversos, como la monitorización medioambiental, la medida de la calidad de aire en vehículos u otros recintos cerrados o incluso el diagnóstico de enfermedades a través de la detección de diferentes compuestos en el aire exhalado por los pacientes.

Las características más destacables de este tipo de sensores son:

- **Solidez mecánica.** Funciona bien en ambientes de alta humedad constante.
- **Susceptibilidad.** Su respuesta se ve afectada por contaminantes y cambios ambientales.
- **Versatilidad.** Son sensibles a un amplio rango de gases.

3.6. LA PLATAFORMA ARDUINO1.

Arduino es una plataforma electrónica de prototipado de código abierto (open-source) fundamentada en software (SW) y hardware (HW) flexibles y de uso fácil. Está diseñada para desarrollar objetos interactivos autónomos, recibiendo entradas desde sus entradas analógicas y digitales para con ellas intervenir en su entorno a través del control de luces, motores y muchos más dispositivos.

El microcontrolador de la placa se programa con “Arduino Programming Language” (basado en Wiring*) y “Arduino Development Environment” (basado en Processing*), de descarga gratuita.

Los proyectos de Arduino pueden ser autónomos o pueden comunicarse con el software que se ejecuta en un ordenador (Flash, Processing, MaxMSP, Pure Data...). Por otro lado, las placas pueden ensamblarse manualmente o adquirirse preensambladas, y hay muchos diseños hardware de referencia disponibles bajo licencia open-source que pueden usarse tal cual o modificarse para adaptarse a las necesidades de cada uno.

A pesar de que existen otras muchas plataformas microcontroladoras para computación física (BX-24, Phidgets, Parallax Basic Stamp,...), Arduino ofrece unas ventajas que la hacen favorita frente al resto en multitud de ocasiones:

→ Se trata de una plataforma de bajo coste ya que las placas de Arduino en comparación con las de otras plataformas microcontroladoras son más económicas.

→ Utiliza un software multiplataforma, pues se ejecuta en sistemas operativos Windows, Macintosh OSX y GNU/Linux.

→ El entorno de programación es simple y claro, fácil de usar para principiantes y, a la vez, suficientemente flexible para usuarios expertos. → Es una herramienta de código abierto y software extensible para programadores experimentados. Se pueden instalar librerías C++ para su extensión o saltar a la programación en lenguaje AVR C en el que se basa Arduino si se quiere ir al detalle, pudiendo incluir código en los programas Arduino.

→ También es una plataforma de código abierto y hardware extensible. Inicialmente se basaba en los microcontroladores de Atmel* , pero actualmente existen otros modelos de micros en las placas. Por otro lado, y puesto que los planos para módulos están publicados bajo licencia Creative Commons* , los módulos se pueden mejorar y extender.

3.7. HARDWARE.

En el aspecto hardware, Arduino consiste en una placa con un microcontrolador y puertos de entrada/salida. Ofrece gran variedad de placas electrónicas de distintas características, permitiendo al usuario elegir aquella que mejor se adapte a sus necesidades. Además, los módulos y accesorios proporcionan a los usuarios opciones de mejora y expansión de las placas electrónicas básicas para poder actualizarlas y readaptarlas con facilidad a nuevos objetivos. En esta sección se presentan las opciones disponibles que en la actualidad se describen en el sitio web oficial de Arduino.

Placas E/S

Actualmente, las posibilidades ofertadas por Arduino en lo que se refiere a placas electrónicas incluye los modelos que se muestran a continuación.

→ **Arduino UNO**

Es la última revisión de la placa básica Arduino USB. Se conecta al ordenador por un cable USB estándar y contiene todo lo que se puede necesitar para programar y usar la placa. Pueden utilizarse multitud de módulos como extensión, que serán placas hijas con características especiales. Es similar a la Duemilanove pero con el ATmega8U2, y el etiquetado está diseñado de nuevo para que las entradas y salidas sean más fáciles de identificar.

→ **Arduino Leonardo**

Se trata de una placa electrónica basada en el ATMEGA32U4. Tiene 20 pines digitales de entrada/salida (de los cuales 7 puede utilizarse para salidas PWM y 12 como entradas analógicas), un oscilador de 16MHz, una conexión micro USB, un conector de alimentación, un header ICSP, y un botón de reinicio. Basta con conectar la placa a un ordenador mediante un cable USB o a una fuente de alimentación con un adaptador o una batería AC-to-DC para empezar.

Esta placa infiere de todas las placas anteriores eliminando la necesidad de un procesador secundario. Esto permite que aparezca conectada a una computadora como un ratón o teclado.

→ **Arduino DUE**

Es una placa electrónica basada en el Atmel SAM3X8E. Es la primera placa Arduino basada en un microcontrolador núcleo ARM de 32 bits. Cuenta con 54 pines digitales de entrada/salida (12 pueden usarse para salidas PWM), 12 entradas analógicas, 4 UART, un reloj de 84 MHz, una conexión USB OTG, 2 DAC, 2TWI, un conector de alimentación, un cabezal de SPI, un header JTAG, un botón de reinicio y un botón de borrado. A diferencia de otras placas Arduino, funciona a 3.3V y este debe ser el voltaje máximo que los pines de E/S toleran. Es suficiente con conectarla a un ordenador con un cable micro-USB o a la alimentación a través de un adaptador o una batería AC-to-DC para empezar. Es compatible con todos los escudos de Arduino que trabajan a 3.3V y cumplan con el pinout 1.0 de Arduino.

. → **Arduino Yún**

Placa electrónica basada en el ATMEGA32U4 y el Atheros AR9331. El procesador Atheros es compatible con una distribución Linux basada en OpenWrt* llamado OpenWrt-Yun. La junta ha incorporado Ethernet y soporte WiFi, un puerto USB-A, ranura para tarjeta micro-SD, 20 entradas digitales/pines de salida (7 puede utilizarse para salidas PWM y 12 como entradas analógicas), un oscilador de cristal de 16MHz, una conexión micro USB, una cabecera ICSP, y 3 botones de reset.

→ **Arduino TRE**

La primera placa Arduino fabricada en los EE.UU. Gracias al procesador de 1 GHz Sitara AM335x, se podrán obtener hasta 100 veces más rendimiento con la TRE que en la Arduino Leonardo o Uno. Esta evolución abre las puertas a aplicaciones más avanzadas que funcionan con Linux, ya que puede ejecutar aplicaciones de escritorio de alto rendimiento, algoritmos de procesamiento intensivo o comunicaciones de alta velocidad (impresoras 3D, puertas de enlace para la automatización de edificios y automatización de la iluminación, los concentradores de telemetría que recoger datos de los sensores cercanos de forma inalámbrica y otras aplicaciones conectadas que requieren las operaciones de control de acogida, más en tiempo real).

→ **Arduino Micro**

Se trata de una placa electrónica basada en el ATMEGA32U4, desarrollada en conjunto con Adafruit. Tiene 20 pines digitales de entrada/salida (con 7 que puede utilizarse para salidas PWM y 12 para entradas analógicas), un oscilador de cristal de 16MHz, una conexión micro USB, un header ICSP, y un botón de reinicio. Hay que conectarla a un ordenador con un cable micro USB para empezar, y su forma le permite colocarse fácilmente en un circuito. Incorporando el micro a la comunicación USB se elimina la necesidad de otro procesador.

→ **Arduino ROBOT**

Es la primera placa oficial Arduino sobre ruedas. Tiene dos procesadores, uno en cada una de sus dos placas. La placa del motor controla los motores, y la de control lee los sensores y decide cómo operar. Cada una de ellas es programable con Arduino IDE, y son de microcontroladores basados en el ATMEGA32U4. Además tiene muchos de sus pines asignados a los sensores y actuadores de a bordo, y su programación es similar al proceso necesario con la Arduino Leonardo.

→ **Arduino Esplora**

Es una placa electrónica derivada de la Arduino Leonardo, que proporciona sensores integrados listos para usar. Está diseñada para las personas que se quieren poner en marcha con Arduino sin tener que aprender electrónica antes. Tiene integradas salidas de luz y sonido, y varios sensores de entrada, incluyendo un joystick, un control deslizante, un sensor de temperatura, un acelerómetro, un micrófono, y un sensor de luz. También tiene el potencial de ampliar sus capacidades con dos conectores de entrada y salida TINKERKIT, y una toma para una pantalla LCD TFT a color. Emplea un microcontrolador AVR ATMEGA32U4 con un oscilador de cristal de 16MHz y una conexión micro USB capaz de actuar como un dispositivo cliente USB (como un ratón o un teclado). En la esquina superior izquierda de la placa hay un pulsador de reset, que puede utilizar para reiniciar el tablero, y hay cuatro LED de estado:

⊗ ON [verde]: indica si la placa está recibiendo alimentación.

⊗ L [amarilla]: conectado al microcontrolador y accesible a través del pin 13.

⊗ RX y TX [amarilla]: indica que los datos son transmitidos o recibidos a través de la comunicación USB

Para empezar a usarla, basta con conectar la placa a un ordenador con un cable USB.

→ **Arduino Mega 2560**

Esta placa actualiza y sustituye a la Arduino Mega y utiliza el Atmega2560. Tienen 54 pines digitales de E/S (de los cuales 15 se pueden utilizar como salidas PWM), 16 entradas analógicas, 4 UART, un oscilador de 16MHz, una conexión USB, un conector de alimentación, una cabecera ICSP, y un botón de reinicio. Es suficiente alimentarla con un adaptador de CA o la batería a CC para empezar, o conectarla a un ordenador con un cable USB. Es compatible con la mayoría de los shields diseñados para el Arduino Duemilanove o Diecimila.

La revisión 3 de la placa tiene las siguientes características nuevas:

⊗ Pinout 1.0

⊗ Circuito de Reset más fuerte.

⊗ Atmega16U2 en sustitución del 8U2.

→ **Arduino Mega ADK**

Es una placa electrónica con un Atmega2560. Cuenta con una interfaz de cliente USB para conectar con teléfonos Android, basada en el MAX3421E IC. Tiene 54 pines digitales de E/S (15 pueden utilizarse como salidas PWM), 16 entradas analógicas, 4 UART, un oscilador de 16MHz, una conexión USB, un conector de alimentación, un header ICSP, y un botón de reset. La Revisión 3 de la placa tiene las siguientes características nuevas:

⊗ Pinout 1.0.

⊗ Circuito de Reset fuerte.

→ **Arduino Ethernet**

Es una placa electrónica con un Atmega328, 14 pines digitales de E/S, 6 entradas analógicas, un oscilador de 16MHz, una conexión RJ45, un conector de alimentación, un header ICSP, y un botón de reinicio. Los pines 10, 11, 12 y 13 están reservados para la interfaz con el módulo Ethernet y no deben ser utilizados de otra forma. Por tanto, el número de pines disponibles es 9 (4 disponibles como salidas PWM). Se puede agregar a la tarjeta una alimentación opcional en el módulo Ethernet. Esta placa tiene una interfaz Wiznet Ethernet para la que se reserva el pin 10. Incluye un lector de tarjetas microSD que puede emplearse para almacenar archivos para servir en la red (accesible a través de la Librería SD). Cuenta con soporte para reinicio automático, permitiendo sketches que se cargan sin necesidad de pulsar el reset. Cuando se conecta a un adaptador de USB a serie, esta placa se alimenta desde el adaptador.

La Revisión 3 de la placa presenta el pinout 1.0 estandarizado.

→ **Arduino Mini**

Se trata de una pequeña placa de desarrollo originalmente basada en el ATmega168, pero ahora suministrada con el 328, destinado a usarse en protoboards y cuando el espacio es escaso. Cuenta con 14 pines digitales de E/S (6 pueden utilizarse para salidas PWM), 8 entradas analógicas, y un oscilador de cristal de 16MHz. Puede programarse con el adaptador USB serie u otro USB o RS232 a TTL.

La revisión 05 tiene un nuevo paquete para el ATmega328, que permite que todos los componentes estén en la parte superior de la placa, e incluye un botón de reset.

→ **Lilypad Arduino USB**

Es una placa electrónica que incluye el ATMEGA32U4, 9 pines digitales de E/S (de los que pueden usarse 4 para salidas PWM), 4 entradas analógicas, un resonador 8MHz, una conexión micro USB, un conector JST para una batería de 3.7V LiPo, y un botón de reset. Sólo requiere conexión por USB a un ordenador o una alimentación con batería para comenzar a usarla. La placa incorpora el ATMEGA32U4 en la comunicación USB eliminando el adaptador USB-serie independiente.

→ **Lilypad Arduino**

Una placa Arduino circular diseñada para coserla en ropa, telas y otras aplicaciones flexibles (wearables y e-textiles). Necesita un adaptador adicional para comunicarse con un ordenador. Puede ser cosida a la tela y montada igual que fuentes de alimentación, sensores y actuadores con hilo conductor. La placa se basa en el ATmega168V (versión de bajo consumo del ATmega168) o el ATmega328V.

→ **Lilypad Arduino Simple**

Placa electrónica diseñada para wearables y e-textiles. A diferencia de la placa principal Arduino LilyPad, la Simple tiene sólo 9 pines de E/S y cuenta con un conector JST y un circuito de carga incorporado para las baterías de polímero de litio.

→ **Lilypad Arduino SimpleSnap**

Es una placa electrónica también diseñada para wearables y e-textiles, similar a la simple excepto en que incorpora una batería de polímero de litio, y en vez de agujeros tiene broches de presión conductores, con los que se puede fijar la LilyPad con seguridad pero pudiendo quitarla para lavarla o cambiarla a otro proyecto.

→ **Arduino Nano**

Esta placa es un diseño compacto todo en uno para utilizar en protoboards, basada en el ATmega328 (Arduino Nano 3.x) o ATmega168 (Arduino Nano 2.x). Tiene más o menos la misma funcionalidad del Arduino Duemilanove, pero le falta un conector de alimentación de CC, y funciona con un cable USB Mini-B en vez de uno normal.

– **Arduino Pro**

Se trata de una placa electrónica basada en el ATmega168 o el ATmega328. Viene en versiones tanto de 3.3V/8 MHz como de 5V/16MHz. Cuenta con 14 pines digitales de E/S (de los cuales 6 pueden utilizarse para salidas PWM), 6 entradas analógicas, un conector de alimentación de batería, un interruptor de encendido, un botón de reset, y agujeros para el montaje de un conector de alimentación, un cabezal ICSP, y cabezales para pines. Puede conectarse a un cable FTDI o placa breakout para proporcionar alimentación USB y comunicación a la placa. Está diseñada para la instalación semipermanente en objetos o exposiciones, ya que viene sin cabezales pre montados, permitiendo tanto el uso de varios tipos de conectores como la soldadura directa de cables. La distribución de los pines es compatible con módulos Arduino y las versiones de 3,3V pueden alimentarse mediante batería.

– **Arduino Pro Mini**

Esta placa basada en la Pro, lleva un ATmega168, 14 pines digitales de E/S (pueden utilizarse 6 para salidas PWM), 8 entradas analógicas, un resonador de a bordo, un botón de reinicio, y agujeros para el montaje de cabezales de pin. La distribución de los pines es compatible con la Arduino Mini. Hay dos versiones, una que corre a 3.3V y 8MHz, y la otra que funciona a 5V y 16MHz.

– **Arduino Fio**

Placa electrónica basada en el ATmega328P que funciona a 3.3V y 8MHz. Cuenta con 14 pines digitales de E/S (de los que 6 pueden empelarse como salidas PWM), 8 entradas analógicas, un resonador de a bordo, un botón de reset, y agujeros para el montaje de cabezales para pines. Tiene conexiones para una batería de polímero de litio e incluye un circuito de carga por USB, además de un zócalo XBee disponible en la parte inferior de la placa, por lo que está diseñada para aplicaciones inalámbricas. La placa viene sin cabezales pre montados, permitiendo el uso de varios tipos de conectores o la soldadura directa de cables.

Módulos

– **Arduino GSM Shield**

Conecta la placa Arduino a Internet utilizando la red inalámbrica GPRS. Sólo hay que conectar este módulo a la placa Arduino, conectar una tarjeta SIM de un operador que ofrezca cobertura GPRS y seguir unas sencillas instrucciones para empezar a controlarlo a través de internet. También puede realizar/recibir

llamadas de voz (se necesita un circuito de altavoz y micrófono externo) y enviar/recibir mensajes SMS.

→ **Arduino Ethernet Shield**

Este módulo permite la conexión a internet de la placa de Arduino. Sólo se tiene que conectar este módulo a la placa Arduino, conectarlo a la red mediante un cable RJ45 y seguir unas sencillas instrucciones para empezar a controlarlo por internet.

→ **Arduino WiFi Shield**

Este módulo permite la conexión a internet de la placa de Arduino de forma inalámbrica.

→ **Arduino Wireless SD Shield**

Permite a una placa Arduino comunicarse de forma inalámbrica mediante un módulo inalámbrico. Se basa en los módulos XBee de Digi, pero puede utilizar cualquier módulo con la misma huella. El módulo se puede comunicar hasta 30 metros en interiores o al aire libre de 90 metros (con línea de visión). Puede usarse como sustituto serie-USB o puede ponerse en modo de comandos y configurarse para las opciones de redes broadcast y mesh. Cada pin del Xbee va aun pad de soldadura through-hole, e incluye una ranura para tarjetas SD. Cuando se utiliza la Librería SD para acceder a la tarjeta, el pin 4 es CS y no puede ser utilizado de otra manera, y un interruptor integrado permite seleccionar si el módulo inalámbrico se comunica con el convertidor de USB a serie o con el micro.

→ **Arduino Wireless Proto Shield**

Este módulo posibilita que Arduino se comunique con radios inalámbricos como XBee y tiene una gran área para la construcción de circuitos. Se basa en los módulos XBee de Digi, pero puede utilizar cualquier módulo con la misma huella. Se puede comunicar hasta los 30 metros en interiores o los 90 metros al aire libre (con línea de visión).). Puede emplearse como sustituto serie-USB o puede ponerse en modo de comandos y configurarse para las opciones de redes broadcast y mesh. Este módulo no tiene el zócalo SD, pero sí un interruptor de a bordo que permite al módulo inalámbrico comunicarse con el convertidor de USB a serie o con el microcontrolador.

→ **Arduino USB Host Shield**

Permite conectar un dispositivo USB a la placa Arduino. Se basa en el MAX3421E, que es un controlador de periféricos que contiene la lógica digital y los

circuitos analógicos necesarios para conseguir la máxima velocidad. El módulo es compatible con TINKERKIT.

→ **Arduino Motor Shield**

Se basa en el L298, controlador de puente completo dual diseñado para manejar cargas inductivas como relés, solenoides y motores paso a paso. Permite conducir dos motores de corriente continua con una placa Arduino y controlar la velocidad y la dirección de cada uno de forma independiente. También se puede medir la absorción de corriente de cada motor. Es un módulo compatible con TINKERKIT.

→ **Arduino Proto Shield**

Este módulo proporciona espacio para construir circuitos personalizados. Se puede soldar en partes de la zona de prototipos para crear un proyecto, o utilizarlo con una pequeña protoboard sin soldadura para probar rápidamente las ideas de circuito. Tiene conexiones adicionales para todos los pines de Arduino de E/S, y tiene espacio para circuitos integrados de montajes through-hole y superficial.

Accesorios

→ **TFT LCD Screen**

La pantalla TFT de Arduino es una pantalla LCD retro iluminada con cabezales. Puede dibujar texto, imágenes y formas en la pantalla con la Librería TFT. Tiene una ranura para micro-SD integrada en la parte posterior de la pantalla que puede, entre otras cosas, almacenar imágenes de mapa de bits para mostrarlas. Los cabezales de la pantalla están diseñados para encajar en el zócalo de la parte delantera de la Arduino Esplora, pero es compatible con cualquier placa basada en Arduino AVR (Uno, Leonardo, etc.) o con la Arduino Due.

→ **USB/Serial Light Adapter**

Convierte una conexión USB en una TX y RX serie de 5V que se puede conectar directamente a la placa Arduino Mini, Arduino Ethernet u otros microcontroladores, para comunicarse con el equipo. Cuenta con un Atmega8U2 programado como convertidor de USB a serie. El firmware utiliza los controladores USB COM estándar, y no se necesita ninguno externo. Sin embargo, en Windows, es necesario un archivo .inf. El adaptador de USB a serie tiene un conector mini USB integrado y 5 pines incluyendo RX y TX. Los pines de 5V, tierra y reset también están expuestos, así como las luces de estado que incluyen la alimentación y la actividad de TX y RX. El adaptador se puede conectar fácilmente a la Arduino Ethernet, Mini, Mini Pro, LilyPad, LilyPad Simple, y Fio. Un poli fusible de a bordo limita la corriente de 500mA y protege el equipo cliente contra cortocircuitos.

– **Mini USB/Serial Adapter**

Esta placa convierte una conexión USB en una TX y RX de 5V que se puede conectar directamente a la placa Arduino Mini u otros microcontroladores para comunicarse con el equipo. Se basa en el chip FT232RL de FTDI.

– **Arduino ISP**

El Arduino ISP es un pequeño AVR-ISP basado en el proyecto FabISP de David Mellis (<http://fab.cba.mit.edu/content/projects/fabisp/>). Con este programador se puede cargar sketches y grabar el gestor de arranque en cualquier placa base AVR, incluyendo Arduino. Al subir un sketch con un programador externo se puede eliminar el gestor de arranque y utilizar el espacio adicional para el programa. También se puede grabar el gestor de arranque de Arduino, para que pueda recuperarlo en caso de accidentalmente o cuando se utiliza un nuevo microcontrolador ATmega en la placa Arduino, y se desea utilizar el gestor de arranque para cargar un programa a través de la conexión USB-serie.

3.8. SOFTWARE.

Para funcionar, las placas Arduino necesitan que se carguen los sketches en sus microcontroladores, y para ello es necesario el uso del software de Arduino, que se encuentra disponible de forma gratuita en su página web oficial. Si la placa necesita una conexión USB con el ordenador, se deberán instalar los drivers USB para el chip FTDI de la placa, que también pueden encontrarse en la página de Arduino.

Arduino IDE (Integrated Development Environment)

El entorno de desarrollo Arduino está escrito en Java y basado en Processing* , avr-gcc y otro software de código abierto. Se constituye de un editor de texto donde escribir el código, un área de mensajes, una consola de texto, una barra de herramientas con botones de funciones comunes y algunos menús. Facilita la conexión con el hardware de Arduino para cargar los programas y establecer comunicación con ellos. Cada uno de los programas de Arduino se denomina sketch, y se escriben en el editor de texto, donde se permite cortar/pegar y buscar/reemplazar texto. En el área de mensajes aparece información al mismo tiempo que se van cargando los programas y es el lugar donde se muestran los errores. La consola muestra el texto de salida para el entorno de Arduino e incluye los mensajes de error completos y otras informaciones. La barra de herramientas permite verificar el proceso de carga, creación, apertura y guardado de programas, así como la monitorización serie.



ILUSTRACIÓN 11: INICIALIZACIÓN DEL SOFTWARE ARDUINO IDE

3.9. SOBRE SENSORES (NOMENCLATURA DE SENSORES DE GAS).

En vistas de que la implementación se va a desarrollar en Arduino, se procede a la búsqueda de los principios de funcionamiento de los sensores que se prestarían al desarrollo de nuestro sistema para la detección de gases tóxicos e inflamables, y por ello a la familiarización con su nomenclatura.

- MQ: Sensores de Semiconductor.
- ME: Sensor Electroquímico.
- MG: Sensor de Electrolito Sólido.
- MD: Sensor Termo conductor.
- MP: Sensor Flat Surfaced.
- MH: Sensor de Infrarrojos.
- MR: Sensor de Hot wire.
- MC: Sensor Catalítico.

→ PID: Sensor de Fotoionización.

3.10. UBICACIÓN DE SENSORES.

A la hora de situar nuestro sistema de detección en el entorno de operación, se deberá tener en cuenta la densidad de los gases para colocarlo de forma inteligente y que todos puedan ser detectados sin problemas en situaciones de alarma.

Gases más ligeros que el aire

Estos gases subirán, por lo que sus detectores deberán encontrarse en zonas altas del ambiente de análisis.

→ Amoníaco NH₃.

→ Monóxido de Carbono CO.

→ Metano CH₄.

Gases menos ligeros que el aire

Estos gases descenderán, de modo que sus detectores deberán situarse en zonas bajas del lugar de trabajo.

→ Butano.

→ Dióxido de Carbono CO₂.

→ Etano.

→ Sulfuro de Hidrógeno H₂S.

→ Oxígeno O₂.

→ Propano

. → Dióxido de Azufre SO₂

3.11. CARACTERÍSTICAS DEL HARDWARE ARDUINO.

Hay tres tipos de memoria en los microcontroladores utilizados en placas Arduino basadas en AVR⁷:

- La memoria flash (espacio de programa), es donde se almacena el sketch de Arduino.
- SRAM (memoria estática de acceso aleatorio) es donde el sketch crea y manipula las variables cuando se ejecuta.
- EEPROM es el espacio de memoria que los programadores pueden utilizar para almacenar información a largo plazo

. La memoria flash y la memoria EEPROM no son volátiles, mientras que la SRAM es volátil y se perderá la información que contiene cuando se interrumpa el flujo eléctrico.

En este Proyecto, la placa utilizada ha sido la Arduino UNO Rev. 3, y sus principales características son las siguientes:

- Microcontrolador: ATmega328.
- Voltaje de operación: 5V.
- Tensión de entrada (recomendado): 7–12V.
- Tensión de entrada (límites): 6–20V.
- Pines E/S digitales: 14 (6 pueden usarse como PWM).
- Pines de entrada analógica: 6
- . → Corriente continua por pin de E/S: 40mA.
- Corriente continua para pines de 3.3V: 50mA.
- Memoria Flash: 32KB (0,5K son para el gestor de arranque).
- SRAM: 2KB
- EEPROM: 1KB
- Velocidad de reloj: 16MHz

Descripción del entorno de desarrollo

El entorno de desarrollo de Arduino contiene un editor de texto para escribir el código, un área de mensajes, una consola de texto, una barra de herramientas con botones para acciones comunes y una serie de menús. Se conecta al hardware de Arduino para cargar programas y comunicarse con él.

Tiene herramientas para cortar/pegar y buscar/reemplazar texto. El área de mensajes ofrece información mientras el código se salva y exporta a la placa, mostrando también los errores que ocurren durante dichos procesos. La consola muestra la salida de texto del entorno de Arduino incluyendo mensajes de error completos y otra información de interés.

3.12. BOTONES DE LA BARRA DE HERRAMIENTAS.



Verificar: Chequea el código en busca de errores.



Cargar: Compila el código y lo carga en la placa Arduino.



Nuevo: Crea un nuevo sketch.



Abrir: Presenta un menú de todos los sketches del *sketchbook*. Eligiendo uno lo abre dentro de la ventana actual.



Guardar: Guarda el sketch.



Monitor Serial: Abre el monitor serial.

Estructura del sketch

Este es el nombre que Arduino utiliza para referirse al código escrito en el editor de texto, y se corresponde con la unidad de código que se carga y ejecuta en una placa Arduino. Al escribir un programa, este se guarda con la extensión .ino.

Variables

Una variable es un lugar donde almacenar un dato, y se define con un nombre, un tipo y un valor. Cada vez que el nombre de esa variable aparece en el código, se recuperará su valor, lo que permite modificar los datos utilizados en el código editando la línea en la que se le asigna el valor a dicha variable. Ejemplo de declaración para la asignación del pin digital 13 a una variable: `int pin = 13;`

Funciones principales utilizadas

En cada sketch Arduino hay dos funciones que es necesario incluir, incluso aunque no se necesiten: `setup ()` y `loop ()`.

→ La función `setup ()` se llama una única vez, al inicio del programa, por lo que se trata del lugar idóneo para hacer las tareas de configuración, como el establecimiento de modos de pin o inicializar las librerías.

→ La función `loop ()` se llama una y otra vez, y normalmente es el corazón de la mayoría de sketches.

Por otro lado, la función `pinMode ()` configura un pin como entrada o salida. Tiene como parámetros el número del pin de configurar y la constante entrada o salida (INPUT/OUTPUT). Ejemplos de uso:

→ Pin como salida: `pinMode(pin, OUTPUT);`

→ Pin como entrada: `pinMode(pin, INPUT);`

La función `digitalWrite ()` proporciona un valor HIGH o LOW a un pin digital. Si el pin se ha configurado como salida con `pinMode ()`, su tensión se establece en el valor correspondiente: 5V para HIGH (3.3V o en los tableros de 3.3V) y 0V (tierra) para LOW. Si el pin se configura como una entrada, `digitalWrite ()` activará (HIGH) o desactivará (LOW) la resistencia interna de pull-up en el pin de entrada. Ejemplo de uso:

→ Pin digital a 5V: `digitalWrite (pin, HIGH);`

→ Pin digital a 0V: `digitalWrite (pin, LOW);`

La función `delay ()` hace que el Arduino espere el número de milisegundos especificado de antes de continuar a la siguiente línea. Ejemplo de uso para una espera de 1 segundo: `delay (1000);`

Comentarios

Los comentarios se utilizan para explicar lo que hace el programa, su funcionamiento o para agregar datos sobre porqué se escribió de esa forma, lo que ayuda a otras personas a entender y modificar el código.

En el software de Arduino, se pueden emplear dos tipos de comentarios. Por un lado, existen los comentarios cortos, de una única línea, que comienzan con `//` y continúan hasta el final de la línea. Por otro, están los comentarios largos en los que todo lo que vaya entre el `/*` y `*/` es ignorado por Arduino cuando se ejecuta el sketch.

4. NORMAS, REGLAMENTOS Y HOJAS DE DATOS DE BTX.

Normas.

Norma Oficial Mexicana NOM-002-STPS-2000, condiciones de seguridad, prevención, protección y combate de incendios en los centros de trabajo.

Norma Oficial Mexicana NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012, límites máximos permisibles de hidrocarburos y alineamientos para el muestreo en la caracterización y especificaciones para la remediación.

Norma NOM-010-STPS (EUM-STPS 1999) que establece los límites máximos permisibles de exposición a contaminantes del medio ambiente laboral, entre los que se incluyen los BTX.

Reglamentos para sistemas fijos.

Inspección visual periódica, se debe realizar una inspección visual periódica del panel de control. Las verificaciones deben registrarse y archivarse con fecha y firma y con una breve descripción de lo realizado. Los problemas encontrados deben resolverse rápidamente.

Calibración periódica y operativa del sistema, esta comprobación es de vital importancia para la conservación y fiabilidad del sistema. La verificación se efectúa sometiendo cada elemento sensor al gas de calibración y realizando un ciclo completo de prueba del sensor y de la electrónica. Se debe anotar de forma detallada toda la información sobre las características del sistema, su particularidad, etc. Siguiendo esta verificación, se pueden prevenir posibles problemas antes de que se produzcan.

Reglas generales para la calibración.

Los aparatos se deben:

- 1) Calibrar siguiendo las instrucciones de la hoja de datos y utilizando el equipamiento recomendado.
- 2) Calibrar antes de la instalación y después establecer un plan de calibraciones y mantenimiento.
- 3) Inspeccionar con regularidad para comprobar los posibles defectos, daños o deterioro.
- 4) Probar y recalibrar antes de cada uso si se trata de detectores portátiles.
- 5) Calibrar sobre el gas para el que resulta menos sensible, si se utilizan para la detección de más de un gas.

TECHNICAL DATA

MQ-135 GAS SENSOR

FEATURES

Wide detecting scope Fast response and High sensitivity
 Stable and long life Simple drive circuit

APPLICATION

They are used in air quality control equipments for buildings/offices, are suitable for detecting of NH₃, NO_x, alcohol, Benzene, smoke, CO₂, etc.

SPECIFICATIONS

A. Standard work condition

Symbol	Parameter name	Technical condition	Remarks
V _c	Circuit voltage	5V±0.1	AC OR DC
V _H	Heating voltage	5V±0.1	AC OR DC
R _L	Load resistance	can adjust	
R _H	Heater resistance	33Ω±5%	Room Tem
P _H	Heating consumption	less than 800mw	

B. Environment condition

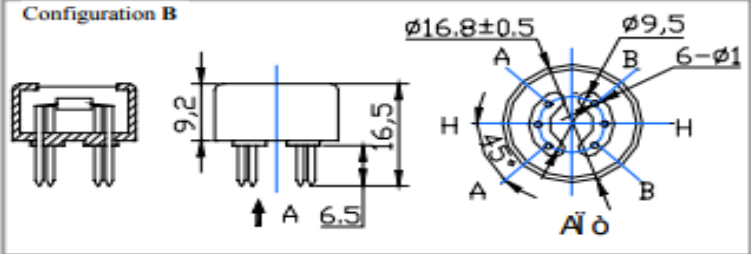
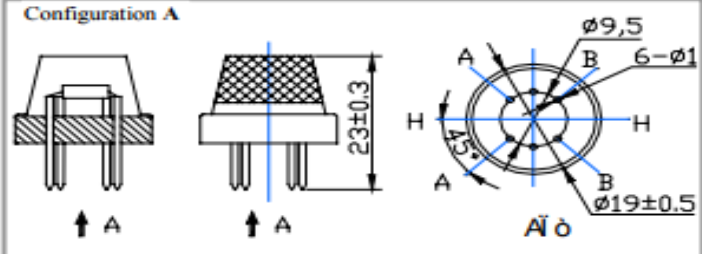
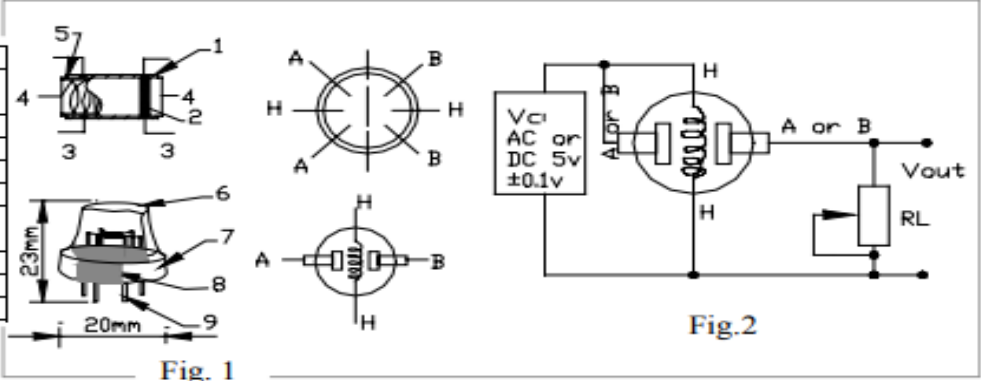
Symbol	Parameter name	Technical condition	Remarks
T _{ao}	Using Tem	-10 -45	
T _{as}	Storage Tem	-20 -70	
R _H	Related humidity	less than 95%Rh	
O ₂	Oxygen concentration	21%(standard condition)Oxygen concentration can affect sensitivity	minimum value is over 2%

C. Sensitivity characteristic

Symbol	Parameter name	Technical parameter	Remark 2
R _s	Sensing Resistance	30KΩ-200KΩ (100ppm NH ₃)	Detecting concentration scope 10ppm-300ppm NH ₃ 10ppm-1000ppm Benzene 10ppm-300ppm Alcohol
α (200/50) NH ₃	Concentration Slope rate	≤0.65	
Standard Detecting Condition	Temp: 20 ±2 V _c :5V±0.1 Humidity: 65%±5% V _H : 5V±0.1		
Preheat time	Over 24 hour		

D. Structure and configuration, basic measuring circuit

Parts	Materials
1 Gas sensing layer	SnO ₂
2 Electrode	Au
3 Electrode line	Pt
4 Heater coil	Ni-Cr alloy
5 Tubular ceramic	Al ₂ O ₃
6 Anti-explosion network	Stainless steel gauze (SUS316 100-mesh)
7 Clamp ring	Copper plating Ni
8 Resin base	Bakelite
9 Tube Pin	Copper plating Ni



Structure and configuration of MQ-135 gas sensor is shown as Fig. 1 (Configuration A or B), sensor composed by micro Al₂O₃ ceramic tube, Tin Dioxide (SnO₂) sensitive layer, measuring electrode and heater are fixed into a crust made by plastic and stainless steel net. The heater provides necessary work conditions for work of sensitive components. The enveloped MQ-135 have 6 pin, 4 of them are used to fetch signals, and other 2 are used for providing heating current.

Electric parameter measurement circuit is shown as Fig.2
 E. Sensitivity characteristic curve

Fig.2 sensitivity characteristics of the MQ-135

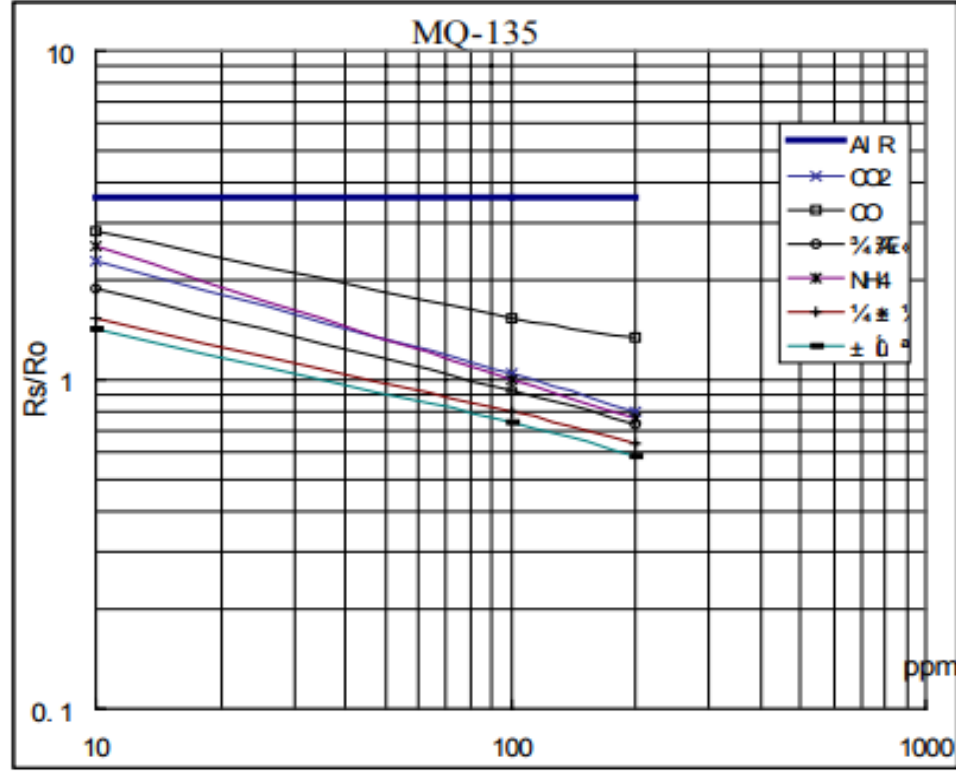


Fig.3 is shows the typical sensitivity characteristics of the MQ-135 for several gases. in their: Temp: 20
 Humidity: 65%
 O₂ concentration 21%
 RL=20kΩ
 Ro: sensor resistance at 100ppm of NH₃ in the clean air.
 Rs: sensor resistance at various concentrations of gases.

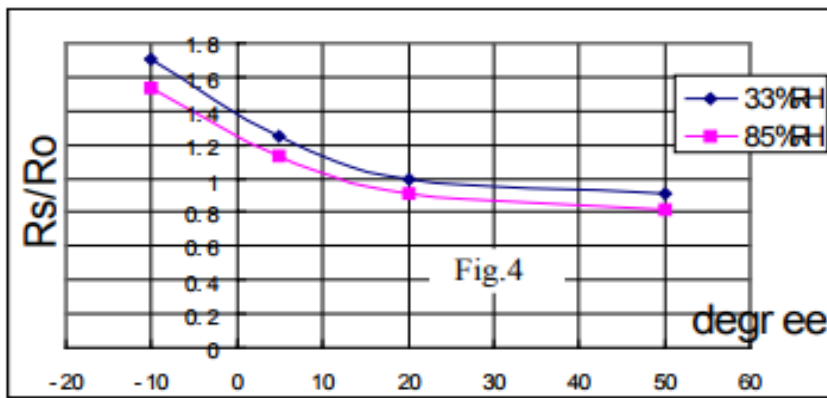


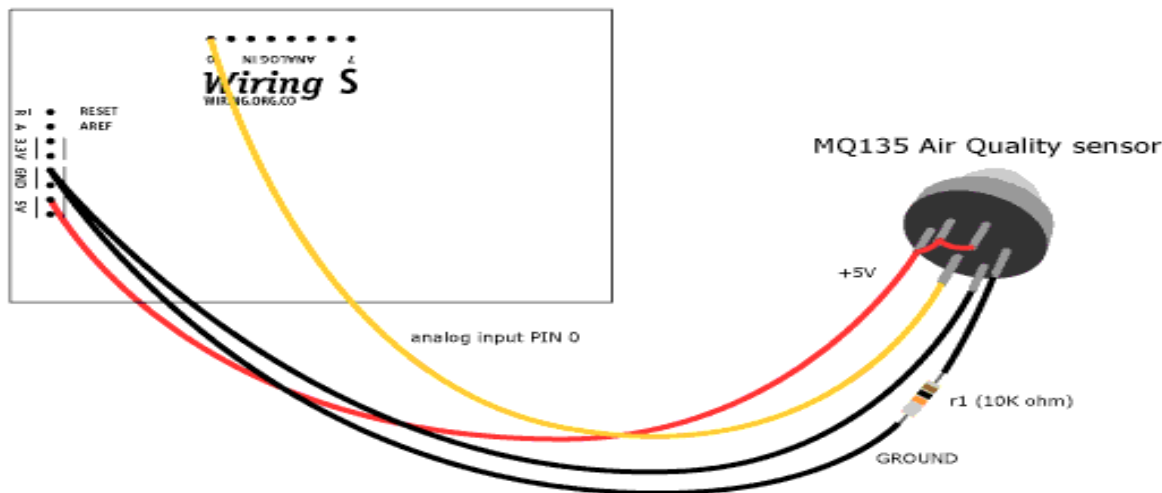
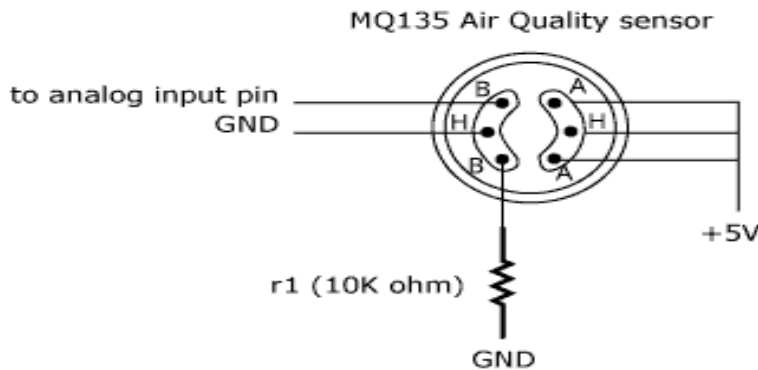
Fig.4 is shows the typical dependence of the MQ-135 on temperature and humidity. R_o : sensor resistance at 100ppm of NH_3 in air at 33%RH and 20 degree. R_s : sensor resistance at 100ppm of NH_3 at different temperatures and humidities.

SENSITIVITY ADJUSTMENT

Resistance value of MQ-135 is difference to various kinds and various concentration gases. So, When using this components, sensitivity adjustment is very necessary. we recommend that you calibrate the detector for 100ppm NH_3 or 50ppm Alcohol concentration in air and use value of Load resistance that (R_L) about 20 K Ω (10K Ω to 47 K Ω).

When accurately measuring, the proper alarm point for the gas detector should be determined after considering the temperature and humidity influence.

Lee los valores de un sensor de calidad del aire conectado al pin de entrada analógica 0. El valor leído del sensor es proporcional a la calidad del aire medida por el sensor. El valor leído se imprime en el monitor serie



```

int sensorValue;

Configuración de vacío ()
{
  Serial . comenzar (9600);      // establece el puerto serie a 9600
}

void loop ()
{
  sensorValue = analogRead (0);  // lee la entrada analógica pin 0
  Serie . println (sensorValue, DEC ); // imprime el
  retraso de lectura de valor (100); // espera 100ms para la próxima lectura
}

```

5. PROCEDIMIENTO Y DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES REALIZADAS.

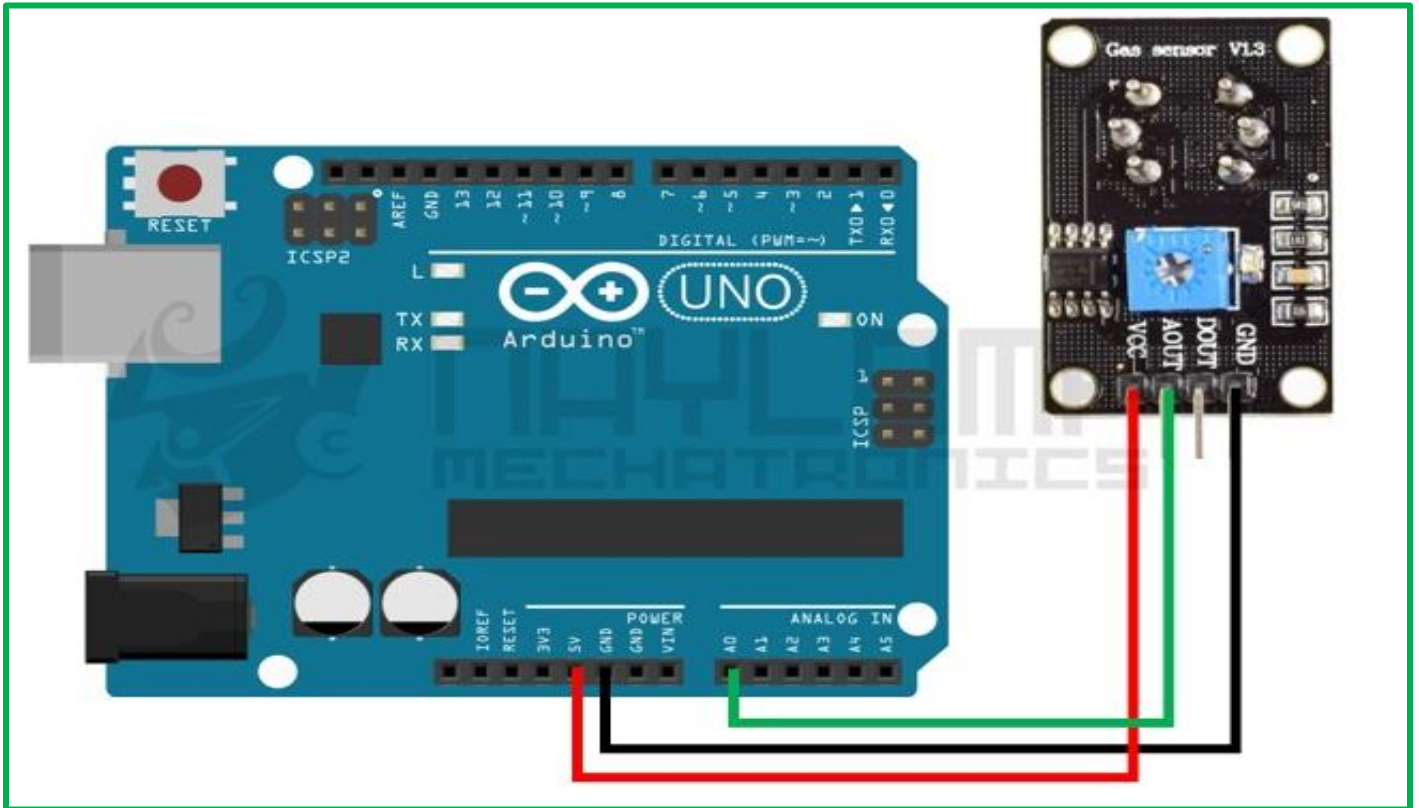


1. Se realizó una extensa revisión bibliográfica en artículos del conrycit y algunas páginas web en relación al solvente tanto como al sensor en específico (MQ-135). Mismas que podremos consultar al final del informe.
2. Se acudió al invernadero del ITTG para tomar medidas de la caja con ayuda de un flexómetro, para que mediante un programa especializado en el diseño de imágenes en tercera dimensión, llamado Solidworks determinaríamos el volumen exacto de la caja, considerando el tipo de material de construcción.
3. Después de revisar y analizar detalladamente toda la información obtenida, se estructura un método con referencia a la calibración de otros sensores de gas. Para así determinar un procedimiento estándar.
4. Se descargó la biblioteca correspondiente para el sensor MQ-135, declarando las variables para la codificación del programa, en el Void Setup iniciamos la comunicación del Arduino con el sensor mientras que en el Void Loop se ejecuta la comunicación y las variables cíclicamente.

5. Consulta de la hoja de datos del sensor MQ-135 para realizar las conexiones correspondientes, se compilo el programa a la placa del Arduino y precalentamos el sensor durante 24 horas.
6. Se realizan ensayos a prueba y error en un prototipo del laboratorio, esto con el fin de tener curvas de referencia que nos indiquen una tendencia de línea recta en una curva parábola, tomando como dato de mayor prioridad el punto máximo de la curva, inyectando con el sensor y un sistema de ventilación dentro del garrafón de 20 L. 15µl de benceno puro con ayuda de una micro pipeta. Logrando estabilizar el sensor en un tiempo aproximado de 30 min, podemos decir que el sensor está listo para llevarlo a una fase mayor de la experimentación.
7. En esta parte de la experimentación consideramos que el volumen es mucho mayor, y por lo tanto el tiempo de calibración será mayor a 3 horas. Para el muestreo previamente se tiene que conectar cada sensor MQ-135 y programar los puertos (entradas y salidas) al Arduino en su unidad experimental, logrando estabilizar a temperatura ambiente cada sensor, enseguida se preparan las concentraciones de BTX en un frasco ámbar del cual tomaremos una alícuota para la caja de 300 ppm y otra con mayor concentración para la de 900 ppm, posteriormente conectamos el nebulizador y comenzamos a correr el programa, teniendo valores cada 55 minutos que finalmente interpretaremos.
8. Finalmente representamos los datos en Excel, por medio de gráficas y curvas de dispersión, donde podremos observar el comportamiento de cada sensor, concluyendo brevemente que de acuerdo al método utilizado para la calibración del sensor MQ-135 es confiable para la detección de gas benceno y apto para su continuo uso en otros ensayos.

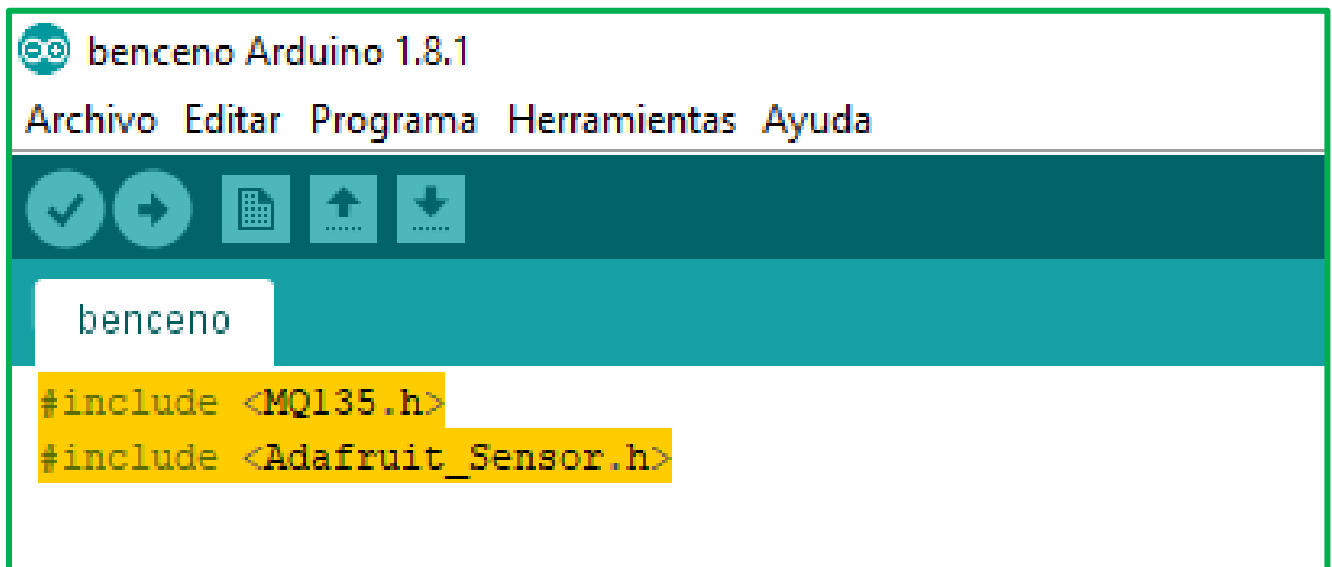
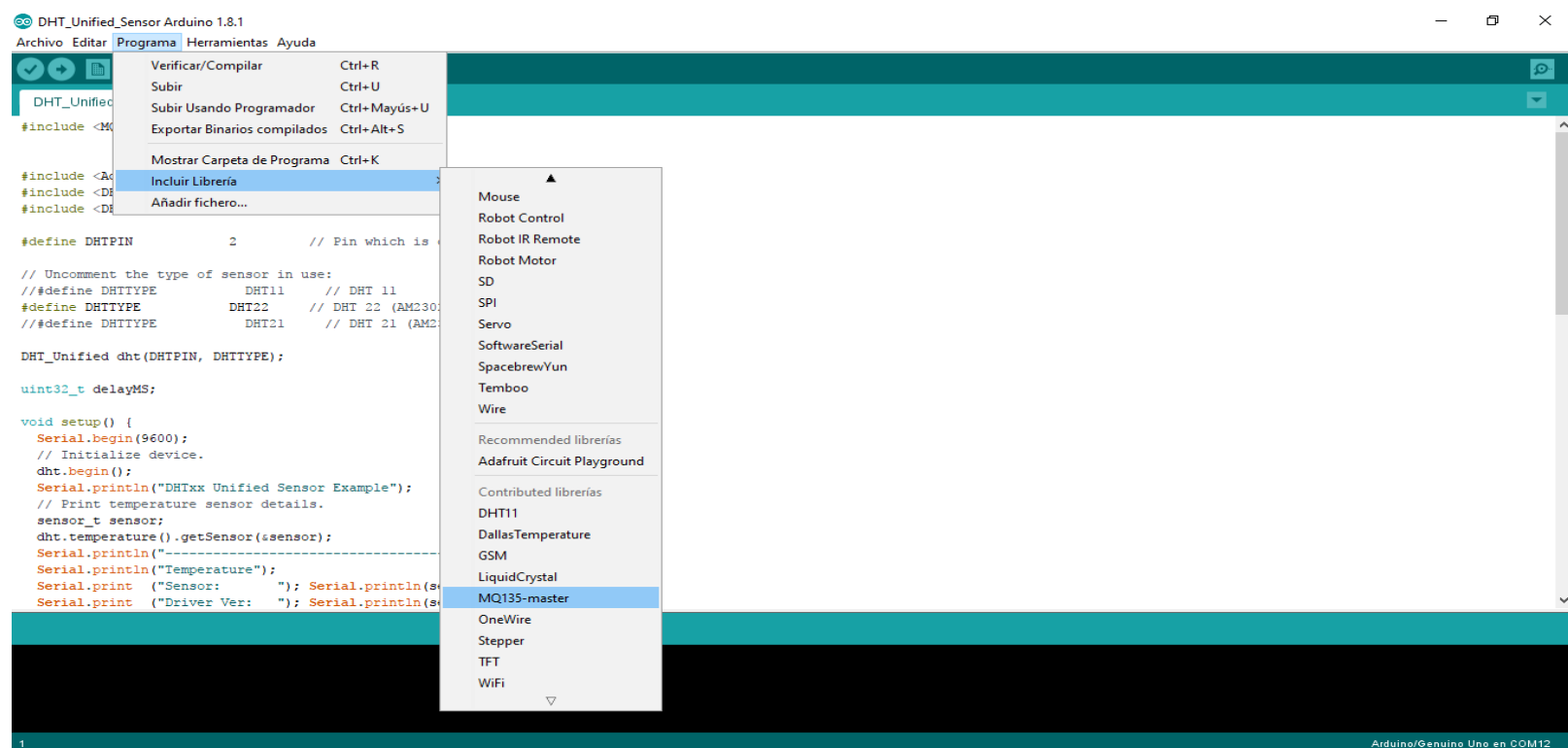
5.1. CALIBRACION DE SENSOR DE GAS MQ-135. *PROGRAMACIÓN EN ARDUINO*

Realización de la conexión correspondiente del sensor MQ-135 a la placa Arduino UNO.



Incluir las librerías correspondientes de dicho sensor a la programación en Arduino.

Las librerías son trozos de código hechas por terceros que usamos en nuestro sketch. Esto nos facilita mucho la programación y hace que nuestro programa sea más sencillo de hacer y luego de entender.

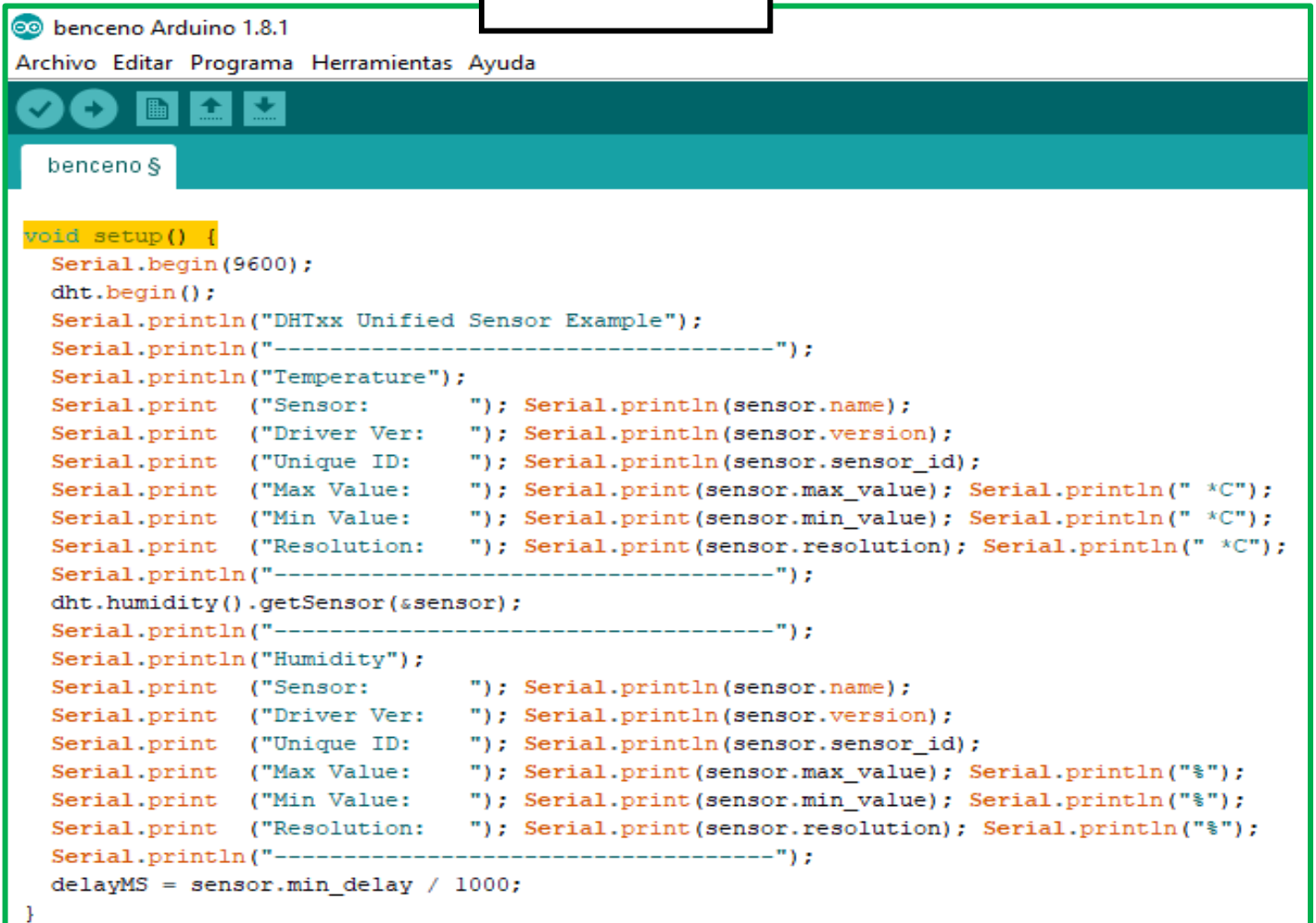


- La estructura básica del lenguaje de programación de Arduino es bastante simple y se compone de al menos dos partes. Estas dos partes necesarias, o funciones, encierran bloques que contienen declaraciones, estamentos o instrucciones.

```
void setup() //Primera Parte
{
  estamentos;
}
void loop() //Segunda Parte
{
  estamentos;
}
```

En donde setup() es la parte encargada de recoger la configuración y loop() es la que contiene el programa que se ejecutará cíclicamente (de ahí el término loop – bucle-). Ambas funciones son necesarias para que el programa trabaje.

void setup



The screenshot shows the Arduino IDE interface with the following elements:

- Menu bar: Archivo, Editar, Programa, Herramientas, Ayuda
- Toolbar: Checkmark, Arrow, Grid, Up arrow, Down arrow
- File name: benceno \$
- Code editor content:

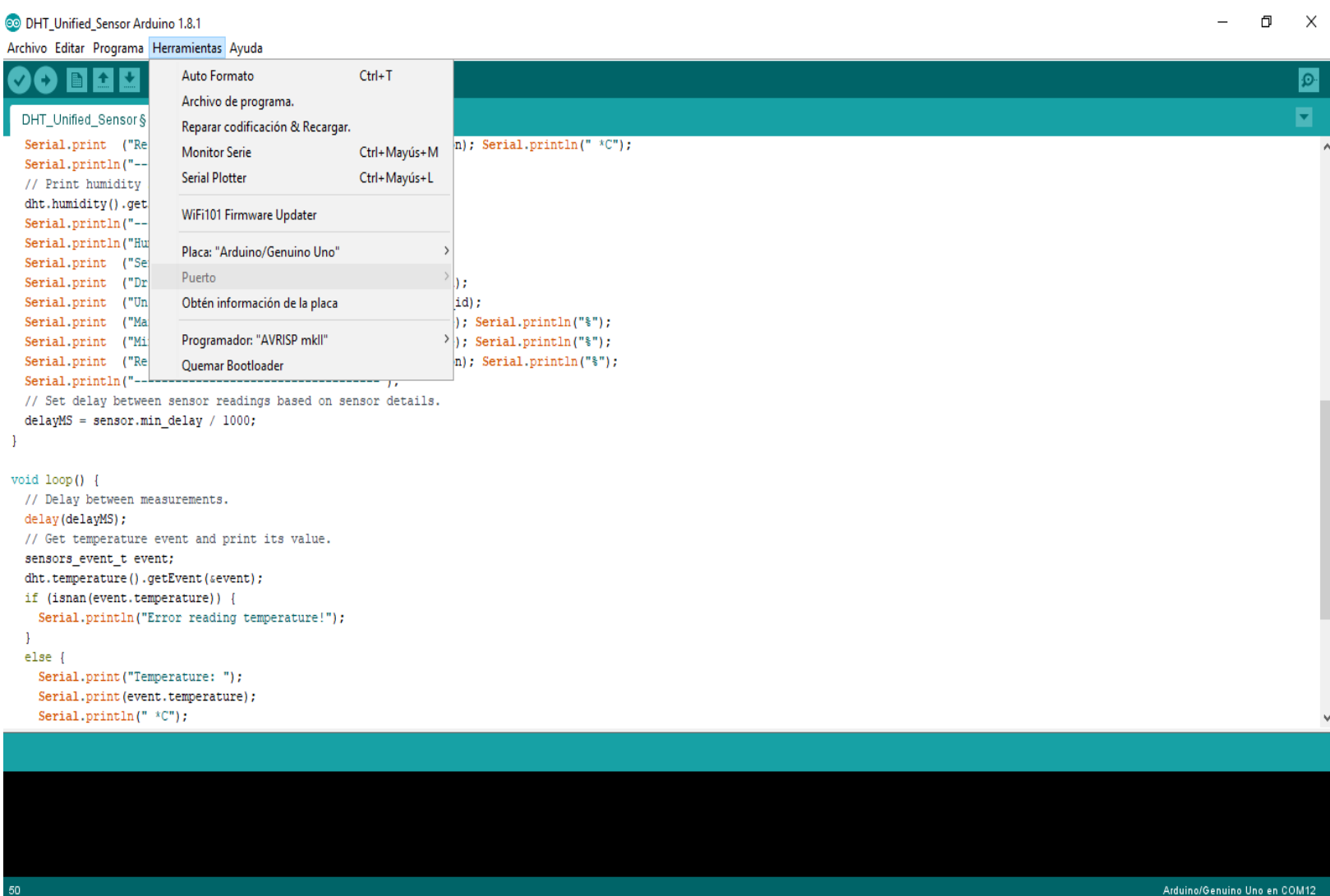
```
void setup() {
  Serial.begin(9600);
  dht.begin();
  Serial.println("DHTxx Unified Sensor Example");
  Serial.println("-----");
  Serial.println("Temperature");
  Serial.print ("Sensor:      "); Serial.println(sensor.name);
  Serial.print ("Driver Ver:   "); Serial.println(sensor.version);
  Serial.print ("Unique ID:    "); Serial.println(sensor.sensor_id);
  Serial.print ("Max Value:    "); Serial.print(sensor.max_value); Serial.println(" *C");
  Serial.print ("Min Value:    "); Serial.print(sensor.min_value); Serial.println(" *C");
  Serial.print ("Resolution:   "); Serial.print(sensor.resolution); Serial.println(" *C");
  Serial.println("-----");
  dht.humidity().getSensor(&sensor);
  Serial.println("-----");
  Serial.println("Humidity");
  Serial.print ("Sensor:      "); Serial.println(sensor.name);
  Serial.print ("Driver Ver:   "); Serial.println(sensor.version);
  Serial.print ("Unique ID:    "); Serial.println(sensor.sensor_id);
  Serial.print ("Max Value:    "); Serial.print(sensor.max_value); Serial.println("%");
  Serial.print ("Min Value:    "); Serial.print(sensor.min_value); Serial.println("%");
  Serial.print ("Resolution:   "); Serial.print(sensor.resolution); Serial.println("%");
  Serial.println("-----");
  delayMS = sensor.min_delay / 1000;
}
```

void loop

```
benceno Arduino 1.8.1
Archivo Editar Programa Herramientas Ayuda
benceno $
Serial.print ("Max Value: "); Serial.print(sensor.m
Serial.print ("Min Value: "); Serial.print(sensor.m
Serial.print ("Resolution: "); Serial.print(sensor.r
Serial.println("-----");
delayMS = sensor.min_delay / 1000;
}
void loop() {

    delay(delayMS);
    sensors_event_t event;
    dht.temperature().getEvent(&event);
    if (isnan(event.temperature)) {
        Serial.println("Error reading temperature!");
    }
    else {
        Serial.print("Temperature: ");
        Serial.print(event.temperature);
        Serial.println(" *C");
    }
    dht.humidity().getEvent(&event);
    if (isnan(event.relative_humidity)) {
        Serial.println("Error reading humidity!");
    }
    else {
        Serial.print("Humidity: ");
        Serial.print(event.relative_humidity);
        Serial.println("%");
    }
}
```

La selección del puerto nos servirá para poder conectar el sensor con la computadora, ya que en ella tendremos el censo de todos los valores del gas a detectar.



Finalmente compilamos o “subimos” el programa a la placa para que nos arroje los valores en el tiempo que se desee.

Nota: El programa nos puede ayudar a encontrar algún error en la codificación.



```
DHT_Unified_Sensor Arduino 1.8.1
Archivo Editar Programa Herramientas Ayuda
Subir
DHT_Unified_Sensor$
#include <MQ135.h>

#include <Adafruit_Sensor.h>
#include <DHT.h>
#include <DHT_U.h>

#define DHTPIN      2      // Pin which is connected to the DHT sensor.

// Uncomment the type of sensor in use:
// #define DHTTYPE    DHT11    // DHT 11
#define DHTTYPE      DHT22    // DHT 22 (AM2302)
// #define DHTTYPE    DHT21    // DHT 21 (AM2301)

DHT_Unified dht(DHTPIN, DHTTYPE);

uint32_t delayMS;

void setup() {
  Serial.begin(9600);
  // Initialize device.
  dht.begin();
  Serial.println("DHTxx Unified Sensor Example");
  // Print temperature sensor details.
  sensor_t sensor;
  dht.temperature().getSensor(&sensor);
  Serial.println("-----");
  Serial.println("Temperature");
  Serial.print ("Sensor:   "); Serial.println(sensor.name);
  Serial.print ("Driver Ver: "); Serial.println(sensor.version);
```

50 Arduino/Genuino Uno en COM12

5.2. SENSOR DE GAS MQ-135.

Información.

Este sensor de control de calidad de aire es usado para la detección de contaminación en el medio ambiente, por lo general es implementado en circuitos de control como alarmas en las casas, sitios donde se desea prevenir altos niveles de contaminación a nivel aeróbico como industrias que manejan compuestos químicos que pueden ser nocivos también para la salud, especialmente en equipos controladores de calidad de aire en edificios/oficinas.

Este sensor se encarga de la detección de concentración de gas en diversos porcentajes, tal y como los son sus análogos MQ-3/4/5. La señal de salida que proporciona el MQ-135 es dual, de carácter analógico y digital. Respecto a la señal analógica proporcionada, esta viene a ser directamente proporcional al incremento de voltaje. La señal digital, esta presenta niveles TTL por lo que esta señal puede ser procesada por un microcontrolador.

Especificaciones.

- Voltaje de operación: 5V DC
- Corriente de operación: 150mA
- Potencia de consumo: 800mW
- Tiempo de precalentamiento: 20 segundos
- Resistencia de carga: Potenciómetro (Ajustable)
- Detección de partes por millón: 10ppm~1000ppm
- Concentración detectable: Amoniaco, sulfuro, benceno, humo.
- Concentración de oxígeno: 2%~21%
- Humedad de operación: <95%RH
- Temperatura de operación: -20°C~70°C



5.3. PROCEDIMIENTO EN LAS UNIDADES EXPERIMENTALES.

Paso 1: Se preparan las concentraciones de la solución de BTX para la caja de 300 y 900 ppm.

Paso 2: Conectar los sensores en el interior de cada caja, mientras se abre la ventana del programa en la computadora.

Paso 3: Enlazar los sensores a la computadora por medio de un multipuerto, mientras se carga el programa a cada placa de sensor MQ-135, enseguida se selecciona el puerto de cada sensor de la siguiente manera:

CAJA 300 PPM.			
Entrada	Estabilidad de ppm	Salida	Estabilidad de ppm
Com 10	54	Com 9	92

CAJA 900 PPM.			
Entrada	Estabilidad de ppm	Salida	Estabilidad de ppm
Com 11	70	Com 8	74

Paso 4: Verificar que las cajas estén cerradas completamente y compilar el programa de cada sensor para comenzar con las lecturas, con el fin de estabilizar su valor determinado.

Paso 5: Conectar el nebulizador a la primer caja de 300 ppm, enseguida se abre la tapa de la caja para colocar la concentración de BTX dentro de ella. Se cierra y se verifica que no exista inestabilidad en la lectura de los sensores, si es así; tomar unos minutos para estabilizar.

Paso 6: Prender el nebulizador para comenzar a registrar y guardar los valores cada 5 minutos.

Paso 7: Después de 10 minutos de nebulización de la primer caja, repetir el paso 5 pero ahora para la caja de 900 ppm

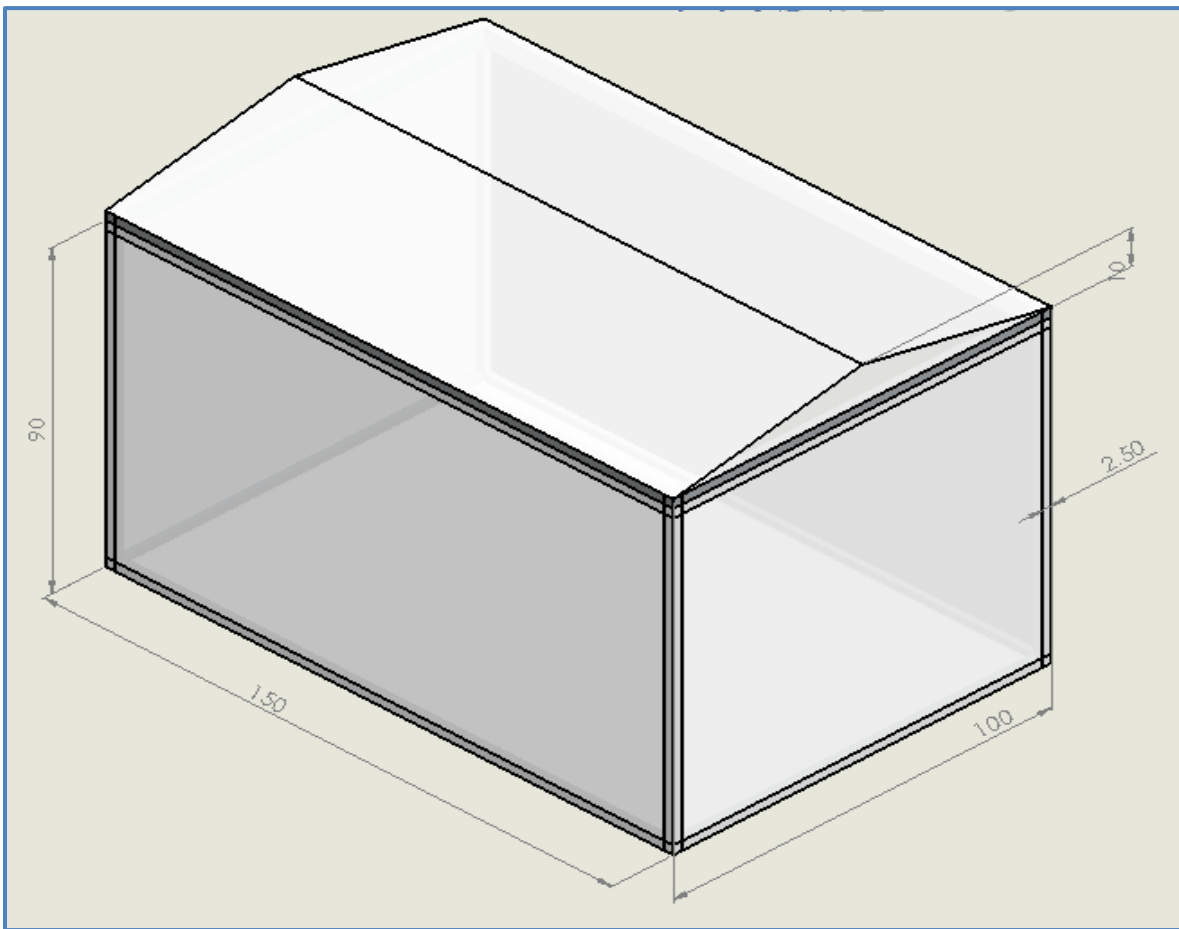
Paso 8: Se registran los valores de cada caja en un lapso de 3 horas aproximadamente.

6. RESULTADOS.

6.1. RESULTADOS DEL VOLUMEN EXACTO DEL DISEÑO DE LA UNIDAD EXPERIMENTAL.

En la obtención del volumen exacto de la caja, se tomaron todas las medidas con ayuda de un flexómetro, para así poder hacer el diseño en un programa especializado en imágenes 3d llamado Solidworks , especificando el tipo de material de construcción (acrílico y aluminio).

Calculando por medio del programa tenemos un volumen exacto de 1.42 m^3



6.2. RESULTADOS DEL MONITOREO Y CONTROL DE LOS SENSORES MQ-135.

Control de sensores de benceno mediante una nebulización en dos unidades experimentales.

15-DICIEMBRE-2017

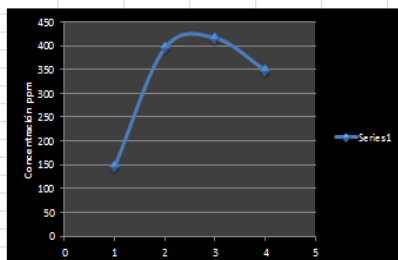
18-DICIEMBRE-2017

20-DICIEMBRE-2017

CAJA 300 PPM			CAJA 900 PPM			CAJA 300 PPM			CAJA 900 PPM			CAJA 300 PPM			CAJA 900 PPM		
HORA	S. ENTRADA	S. SALIDA	HORA	S. ENTRADA	S. SALIDA	HORA	S. ENTRADA	S. SALIDA	HORA	S. ENTRADA	S. SALIDA	HORA	S. ENTRADA	S. SALIDA	HORA	S. ENTRADA	S. SALIDA
05:45	104	248	05:45	457	714	05:45	68	150	05:45	100	159	05:45	54	149	05:45	78	81
05:50	104	459	05:50	443	753	05:50	106	400	05:50	101	163	05:50	117	427	05:50	77	83
05:55	120	503	05:55	357	491	05:55	106	450	05:55	225	495	05:55	110	446	05:55	77	83
06:00	147	552	06:00	350	544	06:00	106	462	06:00	338	622	06:00	110	438	06:00	209	131
06:05	143	584	06:05	336	419	06:05	106	457	06:05	334	654	06:05	108	432	06:05	546	479
06:10	142	572	06:10	334	541	06:10	106	452	06:10	340	642	06:10	107	426	06:10	536	583
06:15	140	567	06:15	334	575	06:15	106	448	06:15	344	623	06:15	107	422	06:15	536	609
06:20	139	562	06:20	331	550	06:20	106	445	06:20	343	599	06:20	106	419	06:20	538	577
06:25	137	558	06:25	327	608	06:25	106	441	06:25	344	583	06:25	106	416	06:25	539	534
06:30	136	553	06:30	323	556	06:30	106	439	06:30	357	584	06:30	106	413	06:30	539	520
06:35	134	550	06:35	327	548	06:35	105	436	06:35	361	582	06:35	106	399	06:35	544	534
06:40	133	546	06:40	323	408	06:40	105	434	06:40	364	576	06:40	138	377	06:40	562	604
06:45	132	543	06:45	319	455	06:45	105	431	06:45	364	561	06:45	141	309	06:45	550	501
06:50	132	541	06:50	324	579	06:50	105	429	06:50	365	542	06:50	142	302	06:50	564	575
06:55	131	539	06:55	321	609	06:55	105	427	06:55	364	519	06:55	142	300	06:55	553	568
07:00	130	535	07:00	318	556	07:00	105	427	07:00	363	507	07:00	146	299	07:00	555	567
07:05	130	533	07:05	316	576	07:05	105	423	07:05	363	495	07:05	149	298	07:05	561	508
07:10	129	530	07:10	317	469	07:10	105	421	07:10	341	333	07:10	155	297	07:10	555	401
07:15	129	528	07:15	314	354	07:15	105	419	07:15	337	325	07:15	157	295	07:15	566	510
07:20	129	526	07:20	314	380	07:20	105	418	07:20	333	310	07:20	159	298	07:20	582	602
07:25	128	524	07:25	314	392	07:25	105	416	07:25	333	326	07:25	159	297	07:25	577	548
07:30	128	522	07:30	314	386	07:30	105	415	07:30	332	311	07:30	159	296	07:30	556	390
07:35	128	521	07:35	314	404	07:35	105	414	07:35	331	303	07:35	166	296	07:35	560	396
07:40	128	519	07:40	312	404	07:40	105	412	07:40	332	306	07:40	161	294	07:40	543	330
07:45	127	517	07:45	311	395	07:45	105	412	07:45	334	317	07:45	164	297	07:45	573	413
07:50	127	515	07:50	314	393	07:50	105	410	07:50	335	304	07:50	165	291	07:50	592	581
07:55	127	514	07:55	313	399	07:55	105	410	07:55	334	301	07:55	167	293	07:55	608	622
08:00	127	511	08:00	311	389	08:00	105	408	08:00	334	293	08:00	168	295	08:00	581	402
08:05	127	510	08:05	311	397	08:05	105	407	08:05	346	270	08:05	169	294	08:05	567	363
08:10	127	508	08:10	312	377	08:10	105	406	08:10	355	264	08:10	170	293	08:10	563	376
08:15	126	507	08:15	309	375	08:15	105	404	08:15	361	260	08:15	174	292	08:15	577	430
08:20	126	505	08:20	311	365	08:20	105	404	08:20	366	260	08:20	175	292	08:20	522	328
08:25	126	503	08:25	311	353	08:25	105	403	08:25	367	245	08:25	176	292	08:25	570	404
08:30	125	502	08:30	309	349	08:30	105	402	08:30	375	240	08:30	175	292	08:30	574	409
08:35	125	500	08:35	308	351	08:35	105	401	08:35	377	242	08:35	175	291	08:35	576	397
08:40	125	498	08:40	305	327	08:40	105	401	08:40	368	239	08:40	176	291	08:40	569	354
08:45	125	497	08:45	305	330	08:45	105	400	08:45	364	229	08:45	177	292	08:45	570	338
08:50	125	496	08:50	304	335	08:50	105	399	08:50	366	229	08:50	178	293	08:50	527	372
08:55	125	494	08:55	304	339	08:55	105	398	08:55	364	229	08:55	178	293	08:55	527	372
09:00	124	494	09:00	310	339	09:00	105	397	09:00	362	229	09:00	178	293	09:00	527	372
PROMEDIO	128.675	517.15	PROMEDIO	324.725	452.1	PROMEDIO	104.3	413.2	PROMEDIO	335.425	381.775	PROMEDIO	146.9	325.725	PROMEDIO	513.15	431.175

PROMEDIO ENTRADAS 300 PPM PROMEDIO SALIDAS 300 PPM PROMEDIO ENTRADAS 900 PPM PROMEDIO SALIDAS 900 PPM

146.32 394.855 416.1 348.34

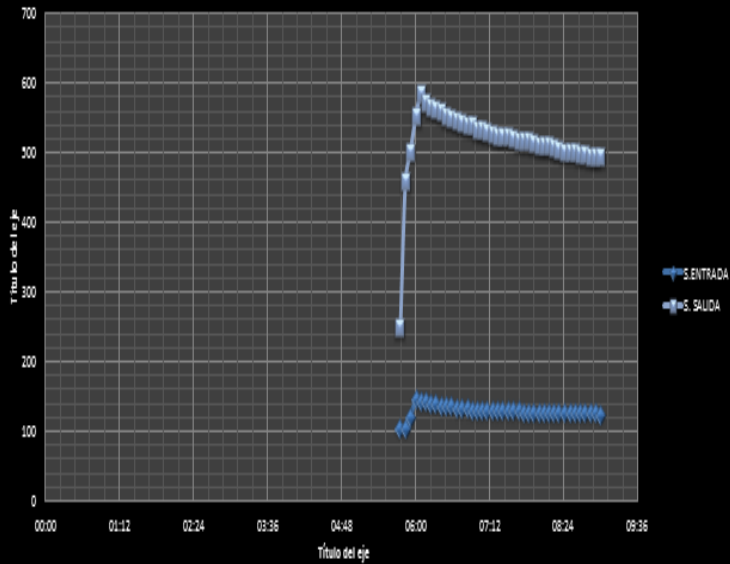


	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	AA	AB	AC	AD	AE	AF	AG	AH	AI	AJ	AK	AL	AM	AN	
4																									
5			20-DICIEMBRE-2017							27-DICIEMBRE-2017									29-DICIEMBRE-2017						
6																									
7	CAJA 300 PPM				CAJA 900 PPM				CAJA 300 PPM				CAJA 900 PPM				CAJA 300 PPM				CAJA 900 PPM				
8																									
9	HORA	S. ENTRADA	S. SALIDA		HORA	S. ENTRADA	S. SALIDA		HORA	S. ENTRADA	S. SALIDA		HORA	S. ENTRADA	S. SALIDA		HORA	S. ENTRADA	S. SALIDA		HORA	S. ENTRADA	S. SALIDA		
10	05:45	54	149		05:45	78	81		05:45	135	310		05:45	385	280		05:45	243	385		05:45	460	100		
11	05:50	117	427		05:50	77	83		05:50	140	307		05:50	386	279		05:50	245	386		05:50	465	100		
12	05:55	110	446		05:55	77	83		05:55	107	272		05:55	359	329		05:55	239	387		05:55	468	101		
13	06:00	110	438		06:00	209	131		06:00	185	415		06:00	410	323		06:00	239	385		06:00	470	101		
14	06:05	108	432		06:05	546	479		06:05	147	410		06:05	387	270		06:05	237	380		06:05	503	380		
15	06:10	107	426		06:10	536	583		06:10	139	405		06:10	385	242		06:10	240	362		06:10	548	407		
16	06:15	107	422		06:15	536	609		06:15	140	390		06:15	350	220		06:15	240	356		06:15	564	370		
17	06:20	106	419		06:20	538	577		06:20	148	398		06:20	356	224		06:20	236	340		06:20	548	360		
18	06:25	106	416		06:25	539	534		06:25	141	396		06:25	354	219		06:25	236	348		06:25	554	349		
19	06:30	106	413		06:30	539	520		06:30	140	394		06:30	351	216		06:30	235	347		06:30	555	344		
20	06:35	106	399		06:35	544	534		06:35	140	380		06:35	350	214		06:35	233	345		06:35	555	324		
21	06:40	138	377		06:40	562	604		06:40	152	385		06:40	354	210		06:40	232	343		06:40	562	320		
22	06:45	141	309		06:45	550	501		06:45	152	389		06:45	358	211		06:45	231	342		06:45	566	302		
23	06:50	142	302		06:50	564	575		06:50	142	387		06:50	366	204		06:50	219	341		06:50	568	289		
24	06:55	142	300		06:55	553	568		06:55	146	387		06:55	362	203		06:55	218	340		06:55	572	283		
25	07:00	146	299		07:00	555	567		07:00	141	386		07:00	363	204		07:00	216	340		07:00	573	277		
26	07:05	149	298		07:05	561	508		07:05	143	384		07:05	360	203		07:05	216	340		07:05	577	273		
27	07:10	155	297		07:10	555	401		07:10	143	384		07:10	362	204		07:10	214	338		07:10	579	269		
28	07:15	157	295		07:15	566	510		07:15	146	383		07:15	361	204		07:15	213	338		07:15	575	267		
29	07:20	159	298		07:20	582	602		07:20	147	382		07:20	359	204		07:20	223	336		07:20	570	260		
30	07:25	159	297		07:25	577	548		07:25	150	380		07:25	354	202		07:25	220	336		07:25	572	261		
31	07:30	159	296		07:30	556	390		07:30	156	379		07:30	344	197		07:30	216	336		07:30	576	262		
32	07:35	166	296		07:35	560	396		07:35	119	378		07:35	352	203		07:35	215	335		07:35	578	263		
33	07:40	161	294		07:40	543	330		07:40	117	378		07:40	356	203		07:40	213	335		07:40	579	265		
34	07:45	164	297		07:45	573	413		07:45	117	377		07:45	355	202		07:45	210	335		07:45	581	264		
35	07:50	165	291		07:50	592	581		07:50	117	376		07:50	349	198		07:50	211	335		07:50	584	261		
36	07:55	167	293		07:55	608	622		07:55	117	374		07:55	343	195		07:55	209	334		07:55	584	249		
37	08:00	168	295		08:00	581	402		08:00	118	375		08:00	325	197		08:00	207	333		08:00	584	248		
38	08:05	169	294		08:05	567	363		08:05	120	373		08:05	329	197		08:05	207	333		08:05	582	245		
39	08:10	170	293		08:10	569	376		08:10	119	372		08:10	330	198		08:10	205	333		08:10	571	245		
40	08:15	174	292		08:15	577	430		08:15	120	372		08:15	333	196		08:15	205	332		08:15	569	240		
41	08:20	175	292		08:20	522	328		08:20	120	371		08:20	324	192		08:20	204	332		08:20	567	237		
42	08:25	176	292		08:25	570	404		08:25	119	369		08:25	324	190		08:25	203	332		08:25	566	233		
43	08:30	175	292		08:30	574	409		08:30	120	368		08:30	328	190		08:30	203	332		08:30	560	235		
44	08:35	175	291		08:35	576	397		08:35	119	368		08:35	331	192		08:35	202	331		08:35	559	239		
45	08:40	176	291		08:40	569	354		08:40	120	367		08:40	333	191		08:40	200	331		08:40	559	239		
46	08:45	177	292		08:45	570	398		08:45	122	368		08:45	336	212		08:45	201	331		08:45	559	239		
47	08:50	178	293		08:50	527	372		08:50	122	367		08:50	335	210		08:50	201	331		08:50	559	239		
48	08:55	178	293		08:55	527	372		08:55	122	367		08:55	335	210		08:55	201	331		08:55	559	239		
49	09:00	178	293		09:00	527	372		09:00	122	367		09:00	335	210		09:00	201	331		09:00	559	239		
50	PROMEDIO	146.9	325.725		PROMEDIO	513.15	431.175		PROMEDIO	133.25	374.75		PROMEDIO	351.225	216.2		PROMEDIO	218.475	343.45		PROMEDIO	555.975	260.45		
51																									

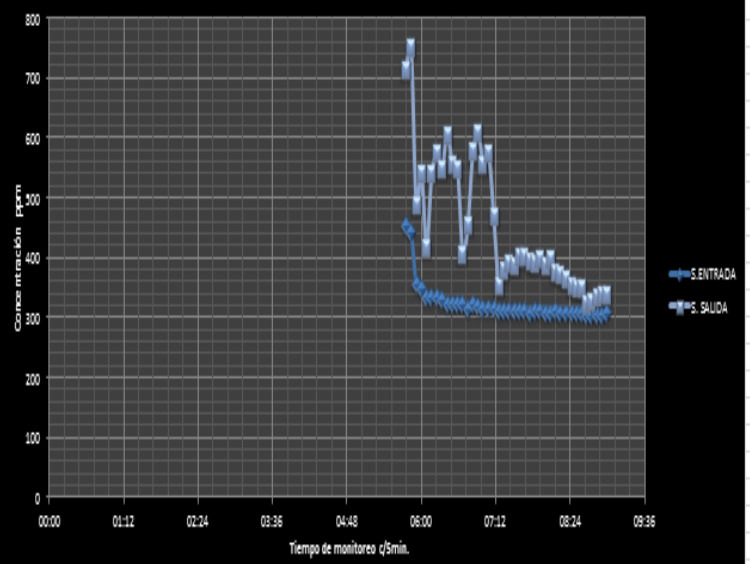
6.3. GRÁFICAS.

Por fecha de nebulización.

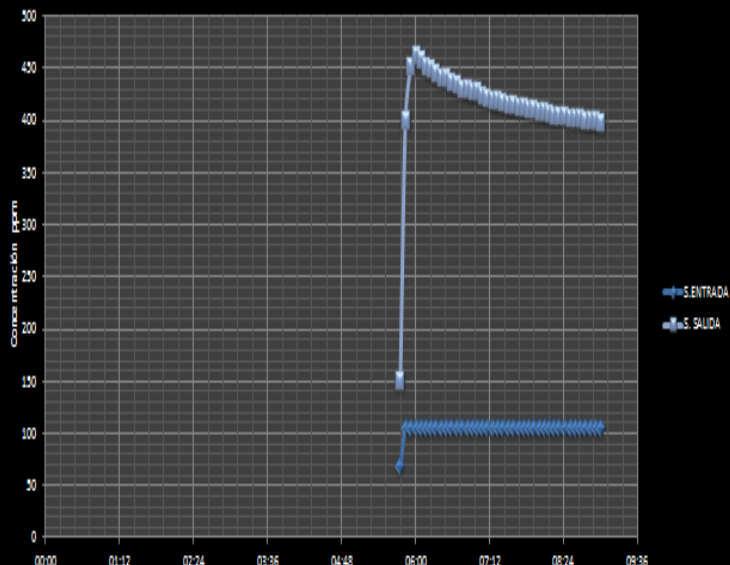
15-Diciembre-2017 caja 300 ppm



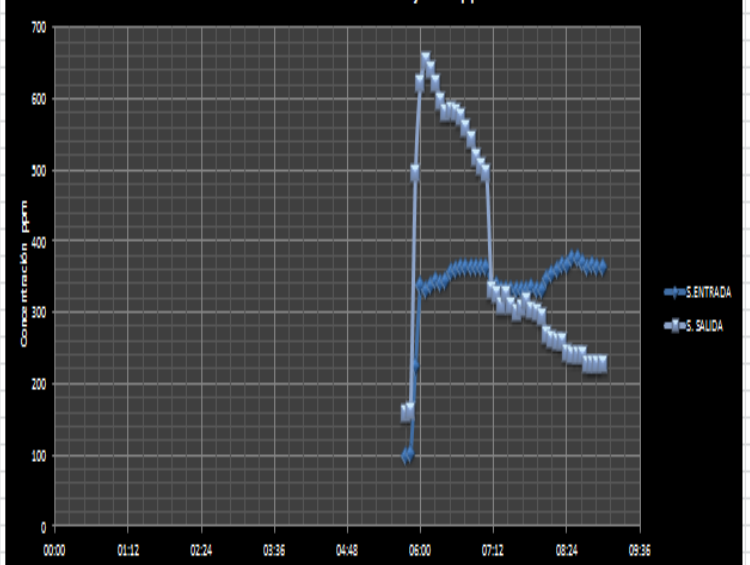
15-Diciembre-2017 caja 900 ppm



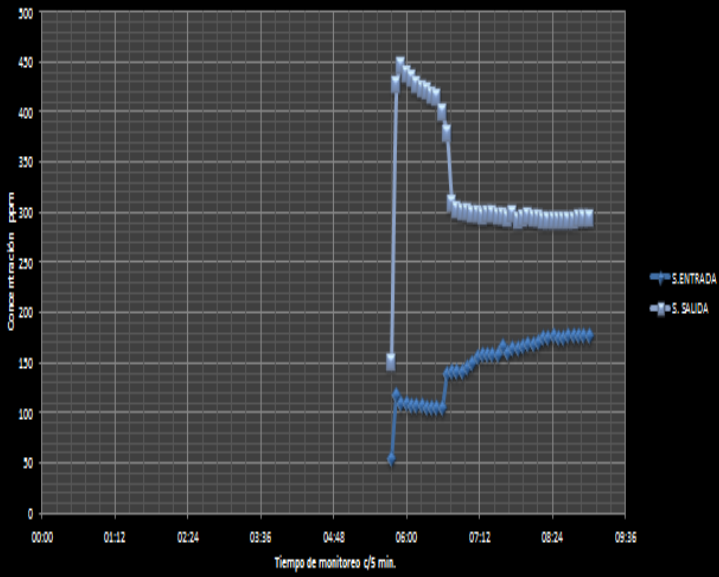
18-Diciembre-2017 caja 300 ppm



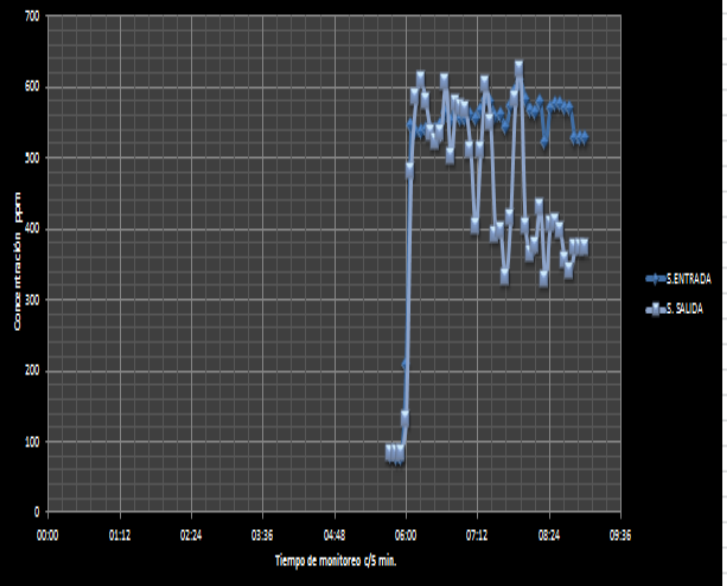
18-Diciembre-2017 caja 900 ppm



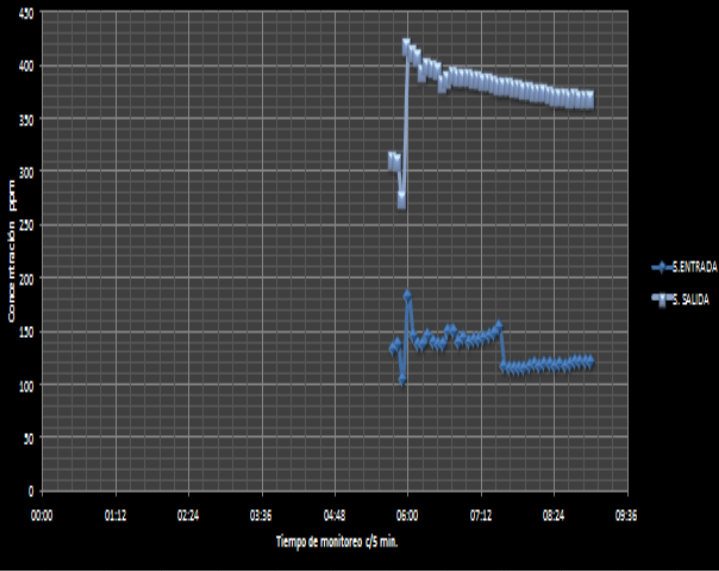
20-Diciembre-2017 caja 300 ppm



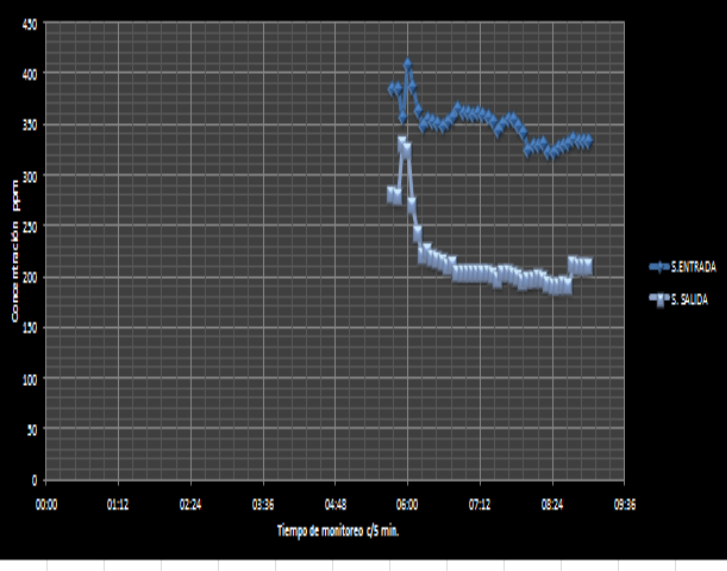
20-Diciembre-2017 caja 900 ppm



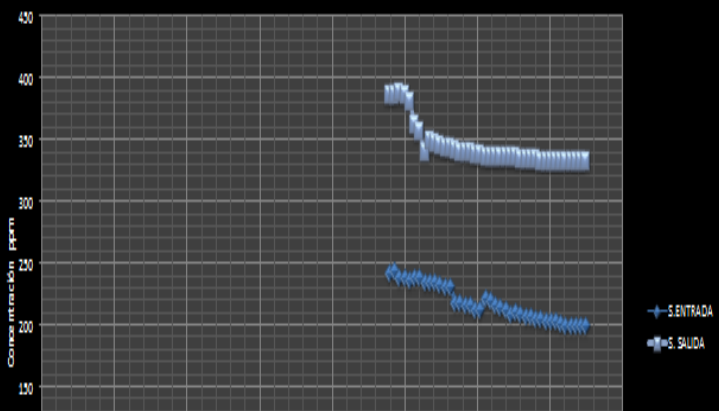
27-Diciembre-2017 caja 300 ppm



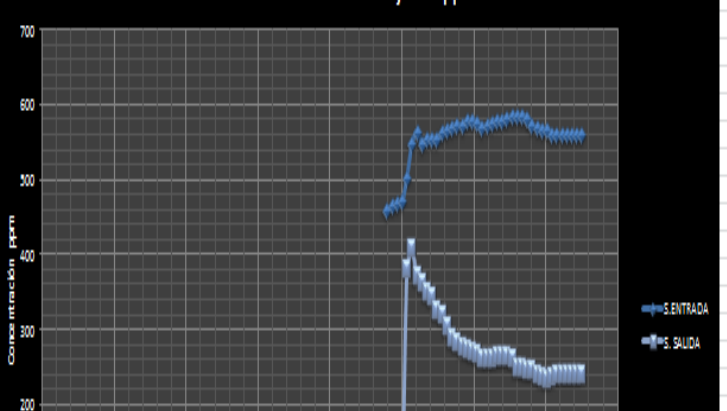
27-Diciembre-2017 caja 900 ppm



29-Diciembre-2017 caja 300 ppm



29-Diciembre-2017 caja 900 ppm



CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

En este proyecto se ha llevado a cabo una prueba de concepto que persigue evaluar la posibilidad de crear un sistema de calibración del sensor MQ-135 que envíe los datos de forma inalámbrica. Uno de los principales problemas que se han encontrado a la hora de desarrollar el proyecto ha sido la obtención de información para tener una referencia de como calibrar este sensor en específico, pues su fabricación esta en china, y por lo consiguiente la hoja de datos de referencia es un poco difícil de precisar. Por otro lado, la manipulación y el riesgo de exposición a estas sustancias han sido factores determinantes en la elección de las mismas, puesto que no se dispone de las medidas de protección necesarias para poder manipularlas de forma segura.

El primer objetivo de la investigación nos permitió determinar que si existe una presencia de benceno por cada unidad experimental, sin embargo pudimos darnos cuenta de la variación de ppm que existe en cada unidad, esto debido a la concentración de BTX nebulizado.

Así mismo en el segundo objetivo se logró determinar la sensibilidad del sensor MQ-135 a la exposición de gases, identificando únicamente el de interés nuestro (Benceno).

Por lo tanto, para el tercer objetivo se puede decir que la calibración de los sensores por medio de la programación en Arduino se llevó a cabo con éxito. Tomando en cuenta como observación, que cada sensor está ubicado a un puerto en específico.

Se podría recomendar el uso del programa de manera confiable ya que la codificación no resulta un problema, si no la sensibilidad de sensor al precalentamiento, pues no todos los sensores alcanzan la misma estabilidad.

COMPETENCIAS DESARROLLADAS Y/O APLICADAS

- ➔ **Adaptabilidad.**
- ➔ **Análisis de problemas.**
- ➔ **Creatividad.**
- ➔ **Comunicación verbal.**
- ➔ **Compromiso.**
- ➔ **Iniciativa.**
- ➔ **Planificación y organización.**
- ➔ **Trabajo en equipo.**

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

Sistema aéreo de medición de gases contaminantes basado en un UAV, resultados preliminares. *Sergio Vargas V. y Diego Lange V.*

Juárez, N.P. (2012). Métodos semiautomáticos para la medida de benceno, tolueno y xileno (BTX) platform for BTX. ELSEVIER.

The use of sunpatiens (impatiens spp.) as a bioindicator of some simulated air pollutants- using an ornamental plant a bioindicator. (*Departamento of environmental dynamics and management, graduate school of biosphere science, Hiroshima university, 1-7-1 kagamiyama, higasgi.hiroshima 739-88521Japan*)

Un plan de gestión para la prevención y control de la contaminación del aire por BTX (benceno, tolueno y xileno) en el área metropolitana del valle de Aburrá. *Claudia marcela Rubiano Hernández. Universidad nacional de Colombia, facultad de medicina, escuela de Geociencias y medio ambiente Medellín Colombia*

Los sensores químicos y su utilidad en el control de gases contaminantes. Luis Escalona, Lisbeth Manganiello, Martha López-Fonseca, Cristóbal Vega. (revista ingeniería Uc, Vol.19, No. 1, Abril 2012 74-88)

<https://playground.arduino.cc/Main/MQGasSensors>

Artículo. TGS. 822 for the detection of organic solvent vapors

GALERÍA DE FOTOS.

