

UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

**FACULTAD DE INGENIERÍA  
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

**TEMA:**

Evaluación de niveles de Benceno entre la Avenida Casuarina y la Perimetral, sector Norte de la ciudad de Guayaquil, para formular recomendaciones sobre el control de este contaminante, por parte de las autoridades ambientales competentes.

**AUTOR**

Amador Gosdenovich, Carlos Adrián

**Trabajo de titulación previo a la obtención del título de  
INGENIERA CIVIL**

**TUTOR:**

Ing. Clara Glas Cevallos, M.Sc.

**Guayaquil, Ecuador**

**18 de septiembre del 2019**



UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

**FACULTAD DE INGENIERÍA  
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

## **CERTIFICACIÓN**

Certificamos que el presente trabajo de titulación fue realizado en su totalidad por Amador Gosdenovich Carlos Adrián, como requerimiento para la obtención del título de Ingeniero Civil.

### **TUTOR**

f. \_\_\_\_\_

**Ing. Clara Glas Cevallos, M.Sc.**

### **DIRECTOR DE LA CARRERA**

f. \_\_\_\_\_

**Ing. Stefany Esther Alcívar Bastidas. M.Sc.**

**Guayaquil, a los 18 días del mes de septiembre del año 2019**



UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

## **DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD**

Yo, **Amador Gosdenovich, Carlos Adrián**

### **DECLARO QUE:**

El Trabajo de Titulación, Evaluación de niveles de Benceno entre la Avenida Casuarina y la Perimetral, sector Norte de la ciudad de Guayaquil, para formular recomendaciones sobre el control de este contaminante, por parte de las autoridades ambientales competentes, previo a la obtención del título de **Ingeniera Civil**, ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan en el documento, cuyas fuentes se incorporan en las referencias o bibliografías. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance del Trabajo de Titulación referido.

**Guayaquil, a los 18 días del mes de septiembre del año 2019**

### **EL AUTOR:**

f. \_\_\_\_\_

**Amador Gosdenovich, Carlos Adrián**



UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

**FACULTAD DE INGENIERÍA  
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

## **AUTORIZACIÓN**

**Yo, Amador Gosdenovich, Carlos Adrián**

Autorizo a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil a la **publicación** en la biblioteca de la institución del Trabajo de Titulación **Evaluación de niveles de Benceno entre la Avenida Casuarina y la Perimetral, sector Norte de la ciudad de Guayaquil, para formular recomendaciones sobre el control de este contaminante, por parte de las autoridades ambientales competentes**, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

**Guayaquil, a los 18 días del mes de septiembre del año 2019**

**EL AUTOR:**

f. \_\_\_\_\_

**Amador Gosdenovich, Carlos Adrián**

# REPORTE DE URKUND



## Urkund Analysis Result

**Analysed Document:** ADRIAN AMADOR.docx (D55754679)  
**Submitted:** 9/19/2019 2:31:00 AM  
**Submitted By:** claglas@hotmail.com  
**Significance:** 5 %

### Sources included in the report:

TESIS FIN EE.docx (D12540485)  
[https://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es\\_phs3.html](https://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es_phs3.html)  
<http://repositorio.ucsg.edu.ec/handle/3317/12613>  
<https://medlineplus.gov/spanish/pruebas-de-laboratorio/dioxido-de-carbono-co2-en-la-sangre/>  
<https://www.murciasalud.es/pagina.php?id=180251&idsec=1573>  
<http://ecodes.org/salud-calidad-aire/201302176118/Las-causas-de-la-contaminacion-atmosferica-y-los-contaminantes-atmosfericos-mas-importantes>  
<https://docplayer.es/90769736-Claudia-marcela-rubiano-hernandez.html>  
[https://www.academia.edu/12734102/Importancia\\_biologica\\_de\\_los\\_derivados\\_del\\_benceno\\_e9221ef1-da12-469e-ace3-1b14e1561fcf](https://www.academia.edu/12734102/Importancia_biologica_de_los_derivados_del_benceno_e9221ef1-da12-469e-ace3-1b14e1561fcf)

### Instances where selected sources appear:

16

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a mis padres quienes siempre me impulsaron a tener una preparación académica, a mi abuela que en paz descansa siempre con su apoyo incondicional y a mis hermanos quienes estuvieron pendiente durante mi carrera dándome motivación para continuar y finalizarla exitosamente.

A mi tutora, Ing. Clara Glas que me guió, asesoró y ayudó durante la elaboración de este trabajo transmitiéndome motivación y dedicación.

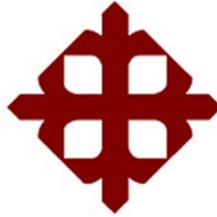
A mi oponente, Ing. Alexandra Camacho quien me ayudó en más de una ocasión desde la selección del tema y consultas.

*Adrián Amador G.*

## **DEDICATORIA**

El trabajo de titulación va dedicado a mis padres y abuela, que en paz descansa, quienes me apoyaron desde un inicio de la carrera y quienes me aseguraron un futuro profesional con gran esfuerzo y dedicación.

*Adrián Amador G.*



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

f. \_\_\_\_\_

**Ing. Clara Glas Cevallos, M.Sc.**

TUTOR

**TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN**

f. \_\_\_\_\_

**Ing. Stefany Alcívar Bastidas, M.Sc.**

DIRECTORA DE CARRERA

f. \_\_\_\_\_

**Ing. Andrés Castro Beltrán M.Sc.**

DOCENTE DE LA CARRERA

f. \_\_\_\_\_

**Ing. Alexandra Camacho Monar, M.Sc.**

OPONENTE

# ÍNDICE

1 CAPÍTULO I – INTRODUCCIÓN .....	2
1.1. Antecedentes.....	2
1.2. Justificación .....	3
Objetivos.....	5
1.2.1. Objetivo General .....	5
1.2.2. Objetivos Específicos.....	6
1.3 Alcance .....	6
1.4 Metodología .....	6
2 CAPÍTULO II - MARCO TEÓRICO .....	8
2.1. Historia del benceno .....	8
2.1.1. Propiedades Físicas del benceno .....	9
2.1.2. Propiedades Químicas del benceno .....	9
2.2. Producción del benceno.....	14
2.3. Derivados del benceno .....	15
2.4. Nomenclatura de los derivados de benceno .....	16
2.5. Efectos sobre la salud humana del benceno .....	18
2.6 Estudios de contaminación por BTX en otras ciudades del mundo. ...	21
2.7. Métodos de análisis de concentración de benceno en el ambiente... ..	22
2.7.1. Métodos pasivos de medición.....	22
2.8. Causas de la contaminación atmosférica y los contaminantes atmosféricos más importantes .....	29
2.9 Calidad ambiental .....	32
2.10 Contaminación ambiental.....	33
2.12 Legislación vigente referida Normativa (Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente).....	33
2.12.1. Normas general referente al benceno (C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> ).....	35
2.12.2. Métodos de medición de los contaminantes .....	35
3 CAPITULO III – MARCO METODOLÓGICO .....	37
3.1. Selección de ubicación de los puntos de muestreo .....	37
3.2. Métodos analíticos de NIOSH.....	38
3.2.1 Método NIOSH 1501 .....	39
3.3 Equipos utilizados .....	42
3.3.1 Bomba de muestreo.....	42
3.3.2 Tubos de muestreo .....	43
3.3.3. Método de muestreo .....	44

3.4 Toma de muestra.....	44
3.4.1 Preparación de la muestra.....	45
3.4.3 Medición.....	45
3.5 Cálculos .....	45
4 CAPÍTULO IX – RESULTADOS .....	47
4.1 Presentación de resultados.....	47
5 CAPÍTULO V – CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	49
5.1 Conclusiones .....	49
5.2 Recomendaciones .....	50
BIBLIOGRAFÍA.....	51

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1 Intersección Av. Casuarina y Vía Perimetral .....	4
Ilustración 2. Halogenación.....	10
Ilustración 3. Halogenación, fase 1.....	10
Ilustración 4. Halogenación fase 2.....	11
Ilustración 5. Nitración .....	11
Ilustración 6. Nitronio.....	11
Ilustración 7. Sulfonación.....	12
Ilustración 8. Proceso invertido de la sulfonación.....	12
Ilustración 9. Alquilación de Friedel-Crafts.....	13
Ilustración 10. Acilación de Friedel-Crafts.....	13
Ilustración 11. Oxidación.....	14
Ilustración 12. Hidrogenación .....	14
Ilustración 13. Derivados del benceno.....	16
Ilustración 14. Derivados existentes del benceno.....	17
Ilustración 15 muestreo ORSA Para benceno .....	23
Ilustración 16 Cromatografía de gases.....	28
Ilustración 17 Monitor de partícula, "Serie 5400 Carbon Particulate Monitor". .....	29
Ilustración 18 Intersección Av. Casuarina y Vía Perimetral .....	38
Ilustración 19 Bomba de muestro portátil GIIAir3.....	43
Ilustración 20 Tubo de muestreo con carbón activado.....	44

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Efectos del benceno a diferentes concentraciones .....	20
Tabla 2 Concentraciones de benceno .....	21
Tabla 3 LÍMITES PERMISIBLES DE BENCENO EN EL AMBIENTE .....	35
Tabla 4 Métodos de medición para concentraciones de benceno en el ambiente .....	36
Tabla 5 Dirección y coordenadas de puntos.....	37
Tabla 6 Características específicas para NIOSH 1501 .....	42
Tabla 7 RESULTADOS DE ENSAYO NIOSH 1501 .....	48
Tabla 8 Condiciones ambientales .....	48

## RESUMEN

El presente proyecto de titulación trata sobre la evaluación de los niveles de benceno en la intersección entre la Av. Casuarina y la Vía Perimetral, en la ciudad de Guayaquil; al conocer los niveles de benceno se realiza un análisis comparativo con la vigente normal dada en el anexo 4 del Texto Unificado de Legislación Secundaria Medioambiental. Esta investigación es relevante debido a que el benceno es un contaminante presente en el aire y afecta de forma negativa su calidad y la salud de los seres vivos. Es conocido que el benceno en una prolongada exposición puede afectar de forma negativa la salud humana con enfermedades como el cáncer, afecta el sistema inmunológico, afecta el sistema nervioso y puede dañar material genético celular produciendo leucemia.

Los puntos para el análisis fueron estratégicamente seleccionados debido a la cantidad de industrias, locales comerciales y tráfico vehicular en los alrededores. Se conoce que las principales fuentes de benceno son por medio de las emisiones vehiculares y procesos de distintos tipos de fabricación, es decir de origen antropogénico.

Se utiliza un método específico por la normativa para la captación de la muestra y el análisis de la misma en 4 puntos escogidos. Los resultados obtenidos cumplieron con las Normas ambientales.

Palabras claves: Ingeniería Ambiental; Benceno; T.U.L.S.M.A.; SAE; Sustitución Aromática; COV

## ABSTRACT

This degree project deals with the evaluation of benzene levels at the intersection between Casuarina Avenue and the Perimeter Road, in the city of Guayaquil; Upon knowing the benzene levels, a comparative analysis is carried out with the normal one given in Annex 4 of the Unified Text of Environmental Secondary Legislation. This research is relevant because benzene is a pollutant present in the air and negatively affects its quality and the health of living things. It is known that benzene in prolonged exposure can negatively affect human health with diseases such as cancer, affects the immune system, affects the nervous system and can damage cellular genetic material producing leukemia.

The points for the analysis were strategically selected due to the number of industries, commercial premises and vehicular traffic in the surroundings. It is known that the main sources of benzene are through vehicle emissions and processes of different types of manufacturing, that is of anthropogenic origin.

A specific method is used by the regulations for the collection of the sample and its analysis in 4 chosen points. The results obtained complied with the Environmental Standards

Keywords: Environmental Engineering; Benzene; T.U.L.S.M.A.; SAE; Aromatic Substitution; VOC

# 1 CAPÍTULO I – INTRODUCCIÓN

El benceno es comúnmente utilizado en campos de fabricación industrial como compuesto de combustibles o distintos tipos de disolventes para grasas, pinturas, aceites, detergentes, algunos productos en el área farmacéutica y manufactura de algunas variedades del caucho y plaguicidas. Debido a que el benceno se encuentra en muchos aspectos de la vida cotidiana es necesario iniciar mediciones para evaluar el nivel de concentración del benceno.

La ciudad de Guayaquil no dispone de un sistema de monitoreo continuo de la calidad del aire. Hasta ahora se conocen pocos estudios acerca de hidrocarburos como el benceno, que se conoce que en ciertos niveles concentraciones pueden afectar de forma negativa a la salud.

En el siguiente trabajo se realiza un análisis comparativo de las concentraciones de benceno en la intersección entre la Avda. Casuarina y La Avda. Perimetral, área industrial con alta actividad comercial y tránsito de vehículos de todo tipo. Se utilizará la norma ecuatoriana para comparar y verificar si deben ser tomadas medidas regulatorias al respecto.

## 1.1. Antecedentes

Según TULSMA (Texto Unificado de Legislación Secundaria Medioambiental), en la sección de normas generales para la concentración de contaminantes en el aire, es establecida la máxima concentración de benceno.

En un trabajo realizado en el 2017 fue encontrado que los niveles de benceno en el centro de Guayaquil excedían los límites permisibles de la norma ecuatoriana. (Pontón, 2017)

El benceno es de suma importancia como material de partida para la elaboración y manufactura de muchos productos como plásticos, cauchos, lubricantes, etc. También es usado como solvente para industrial.

Antiguamente fue utilizado como aditivo para combustible y ya que es parte del petróleo en crudo y combustibles como la gasolina está presente en las emisiones vehiculares (<https://www.benceno.net/>, Consultado 25/06)

## **1.2. Justificación**

El estudio fue previsto para la intersección entre la Av. Casuarina y la Vía Perimetral debido a la gran cantidad de industrias, locales comerciales y tráfico de automotores, no hay un estudio previo para esta zona y es necesario conocer los niveles de concentraciones de benceno con el fin de comparar los resultados con los permisibles por la norma ecuatoriana y analizar posibles regulaciones de ser necesarias.

Dicho análisis es de gran importancia debido a la alta toxicidad que posee el benceno al estar presente en el aire y de las maneras que pueden llegar a afectar la salud de los seres vivos, como favorecer desarrollos cancerígenos. (Møller, 2005)

La principal forma de estar expuesto al benceno en el ambiente es por las vías respiratorias, también por medio de la piel durante el contacto físico con fluidos como aceites, combustibles y disolventes. Estar expuesto al contaminante por extensos períodos puede presentar riesgos para la salud y en casos de exposición a niveles altos puede producir la muerte.



Ilustración 1 Intersección Av. Casuarina y Vía Perimetral

FUENTE: (Elaboración propia, 2019)

En esta zona se encuentran diversas industrias, desde manufactura de plásticos y metales, hasta exportadoras de camarón. También hay un gran número de locales comerciales como restaurantes, farmacias, tiendas, papelerías, lubricadoras y talleres. A continuación se presenta un listado con algunas industrias y locales ubicados en el sector:

- Ecuapar
- Enlasa
- Recynter
- Famagusa
- Baterías Ledesma
- Vulcanizadora Moquiño
- Comercial Lolita
- Tía
- Asadero el Mana
- Bodegas de Almacenes Boyacá
- Industriales Ales

- CKlaere estructuras
- Proceplas
- Taller electromecánico Anthony
- Davmer corp.
- Ecobel
- Quisimer
- Iguecorp
- Sofia Ratinoff (Asilo y clínica)
- Fábrica de bloque FERNANDA
- Comisariato del Constructor
- Marcimex
- Asatiani productos químicos

Otro factor importante en el sector es la cantidad de tráfico vehicular durante una jornada laboral de aproximadamente 07h00 hasta las 18h00, y el tipo de tráfico, es decir; camiones de 2 o más ejes, camioncitos, camionetas, autos, motocicletas, tricimotos, volquetes y maquinaria pesada, estos son grandes productores de benceno por medio de las emisiones de sus motores a combustible de gasolina o diésel.

A continuación una lista de las líneas de buses que transitan por la intersección en su ruta: 19, 113, 157, 8, 103, 151, 123, 132, 51, 75, 14, 92, 18, 159, 67, 116, 160.

## **Objetivos**

### **1.2.1. Objetivo General**

Analizar y diagnosticar la calidad del aire, específicamente las concentraciones de benceno en la intersección entre la Av. Casuarina y Vía Perimetral, los resultados serán comparados con los límites permisibles con la normativa vigente y recomendaciones para la regulación del contaminante de ser necesarias.

### **1.2.2. Objetivos Específicos**

- Realizar mediciones de las concentraciones de bencenos por medio de un laboratorio certificado para conocer los niveles del contaminante en el aire en la intersección entre la Av. Casuarina y Vía Perimetral
- Evaluar los datos obtenidos y determinar si los niveles de concentración de benceno exceden los límites permisibles en la vigente norma.
- Formular recomendaciones para regular los niveles de las concentraciones de benceno y mejorar la calidad del aire.

### **1.3 Alcance**

Conocer el nivel de concentración del benceno existente en la intersección entre la Av. Casuarina y la Vía Perimetral, en la ciudad de Guayaquil. Al evaluar la calidad del aire son contempladas las emisiones vehiculares, humos de combustión de procesos de manufactura de diversos materiales y las emisiones de industrias en la zona comercial.

El área a evaluar estará formada por 4 puntos ubicados estratégicamente en la intersección, en cada punto deberá ser tomada la medición durante una hora en horario laboral para obtener resultados significativos.

### **1.4 Metodología**

Se realizó una investigación de conceptos sobre el benceno, propiedades físicas y químicas, características como contaminante en el aire, procedencia y efectos en la salud humana.

Fueron seleccionados 4 puntos en la intersección entre la Av. Casuarina y la Vía Perimetral, cada uno de estos puntos será la ubicación para la estación a realizar la medición de los niveles de benceno y así conocer la calidad del aire.

Por medio de un laboratorio certificado por las normas SAE se realizó la toma de datos en cada una de las estaciones ubicadas en los puntos mencionados para conocer cuál es el nivel de concentración de benceno en cada uno y revisar si exceden el índice máximo que haya sido establecido por TULSMA (Texto Unificado de Legislación Secundaria Medioambiental).

Se genera un resumen con su respectiva conclusión y recomendación para las autoridades competentes en el asunto tomen acciones sobre el caso.

## 2 CAPÍTULO II - MARCO TEÓRICO

### 2.1. Historia del benceno

En los años 1800s, Michael Faraday, un científico de procedencia inglés logro el aislamiento de un compuesto en particular que poseía un punto de ebullición de aproximadamente 80°C, esto lo consiguió a partir de una mezcla viscosa y aceitosa que era la condensación del gas utilizado para la combustión que necesitaban las lámparas de gas en esa época.

Friederich Kekulé fue un científico alemán quien descubrió la estructura molecular del benceno en el año 1865, en este año ya era conocida la fórmula de 6 átomos de carbono (C) y 6 átomos de hidrógeno (H) pero no se conocía una estructura molecular clara. (Tobares, 2003)

Años más tarde el científico alemán F. Hoffman analizando el alquitrán de hulla y logró encontrar benceno en el mismo, esta sigue siendo la principal fuente de benceno. Fue descubierto que el benceno tiene un comportamiento químico del cual pueden ser derivados un sin número de compuestos. En la actualidad la mayor parte de obtención del benceno es desde el petróleo por distintos métodos. (González, 2006)

Un gran ejemplo es que de procesos como la combustión vehicular o evaporación de ciertos combustibles es originado el benceno que se mezcla en el aire y se acumula en la atmósfera. (Baldeón, 2006)

Luego el científico Eilhard Mitscherlich logró la síntesis del benceno, calculando la densidad del vapor de benceno, esto le permitió conocer el peso molecular y empezar la fórmula conocida como C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>, la estructura molecular del benceno es de gran importancia para la química orgánica ya que este llega a proceder de distintas fuentes de este tipo. (Franco, 2015)

### 2.1.1. Propiedades Físicas del benceno

Propiedades físicas del benceno:

- Punto de ebullición 80.1°C a 1atm de presión
- Punto de fusión 5.4°C a 1atm de presión
- Estructura molecular  $C_6H_6$
- Fluido incoloro
- Densidad relativa de 0.88 g/ml
- Punto de inflamación de -11°C
- Peso molecular de 78.11g/mol
- Presión de vapor de 75; a 20°C
- Insoluble
- Índice de koc 60 - 83
- Constante de la Ley de Henry  $5.5 \times 10^{-3} \text{ atm/m}^3 \cdot \text{mol}$
- Auto ignición a los 498°C

Fuentes: (SOSA, 1999) ; (Magill, 1966) ; (Alcántara, 1992)

### 2.1.2. Propiedades Químicas del benceno

El benceno es uno de los compuestos con mayor estabilidad química al igual que sus compuestos aromáticos conocidos como homólogos.

Estos compuestos pueden reaccionar en específicas condiciones y al utilizar determinados catalizadores con el fin de buscar distintos tipos de reacciones.

Pueden ser clasificadas estas reacciones en dos grupos específicos:

#### - Reacciones originadas por sustitución electrofílica.

Debido a la variedad de productos que pueden ser producidos por medio de la síntesis orgánica se considera que posee las reacciones más importantes.

El anillo bencénico funciona como fuente electrónica para los reactivos electrofílicos los cuales son sustancias deficientes en electrones.

En este tipo de reacciones las relaciones características implican la sustitución; en esta sustitución, es conservado y estabilizado por medio de resonancias el sistema anular del compuesto. (Alonso, 2012)

## Halogenación

En presencia de ácidos de Lewis el benceno puede reaccionar y formar algunos derivados del tipo halogenados. (Fernández, 2010)

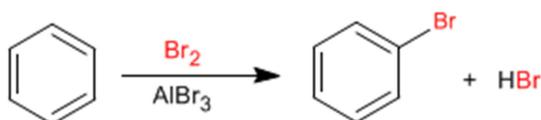


Ilustración 2. Halogenación

Fuente: (Fernández, 2010)

El sistema Halogenado es formado por dos fases:

**Fase 1.** Moléculas de bromo son polarizadas al tener interacción con el ácido de Lewis, al suceder esto el benceno reacciona de forma positiva al bromo polarizado y se forma un catión llamado ciclohexadienilo. (Fernández, 2010)

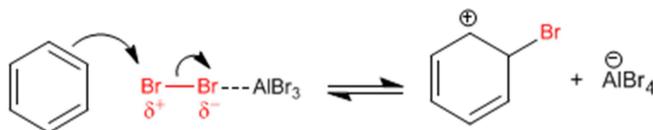


Ilustración 3. Halogenación, fase 1.

Fuente: (Fernández, 2010)

**Fase 2.** En esta fase es recuperada la aromaticidad por medio de la pérdida de protones. (Fernández, 2010)

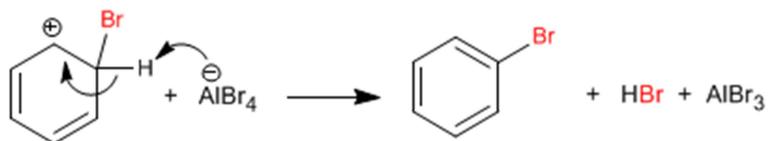


Ilustración 4. Halogenación fase 2.

Fuente: (Fernández, 2010)

## Nitración

La mezcla nítrico – sulfúrico en adición de grupos del tipo nitro reacciona con el benceno. (Fernández, 2010)

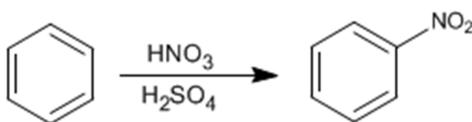


Ilustración 5. Nitración

Fuente: (Fernández, 2010)

El nitronio, es el catión electrófilo producto de esta reacción. Debido a lo baja que son las concentraciones de ácido nítrico en este catión, la adición de ácido sulfúrico es necesaria.

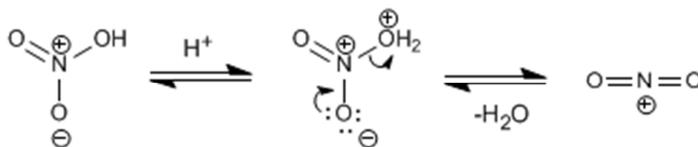


Ilustración 6. Nitronio.

Fuente: (Fernández, 2010)

## Sulfonación

Al mezclar el benceno con trióxido de azufre en ácido sulfúrico se genera una reacción la cual produce ácidos bencenosulfónicos. (Fernández, 2010)

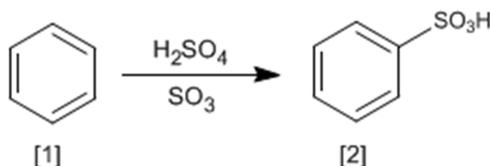


Ilustración 7. Sulfonación

Fuente: (Fernández, 2010)

La sulfonación es un proceso que puede ser reversible por medio de un proceso con sulfúrico acuoso, se utiliza para la protección de posiciones del benceno.

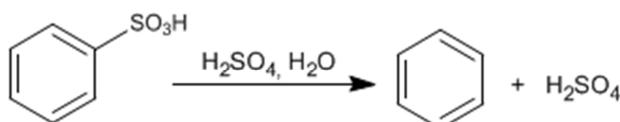


Ilustración 8. Proceso invertido de la sulfonación.

Fuente: (Fernández, 2010)

## Alquilación y acilación de Friedel-Crafts

Se caracteriza por ser una reacción del tipo de sustitución aromática electrofílica entre compuestos halogenuro de alquilo o acilo y un compuesto aromático.

Se pueden presentar de dos maneras:

## Alquilación de Friedel-Crafts

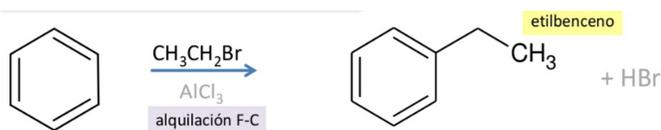


Ilustración 9. Alquilación de Friedel-Crafts

## Acilación de Friedel-Crafts

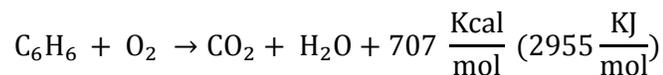


Ilustración 10. Acilación de Friedel-Crafts

## - Reacciones con destrucción de carácter aromático

### Combustión

Su poder antidetonante se toma en consideración al igual que la de sus homólogos, por medio de esto es posible explicar la práctica de la aromatización. Industrias de carburantes lo utilizan con el fin de elevar el octanaje de los mismos. (Arteaga, 2010)



### Oxidación

En la fase de vapor este proceso nos permite obtener fenol, se considera de su obtención bajos niveles de rendimiento, al no ser un compuesto muy estable su producción por este método es limitada.

Si se continúa el proceso de oxidación del benceno se llega a obtener el ácido maleico por medio de la rotura del anillo, este ácido maleico es considerado con un alto rendimiento.

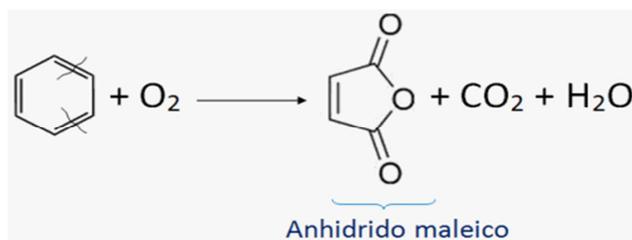


Ilustración 11. Oxidación.

**Fuente:** (Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, 2010)

### Hidrogenación

Por medio de este proceso se forma el ciclohexano, son necesario catalizadores activos tales como el Niquel, Platino o MoS, se debe utilizaron una temperatura alta de aproximadamente 80°C. (Alcántara, 1992)

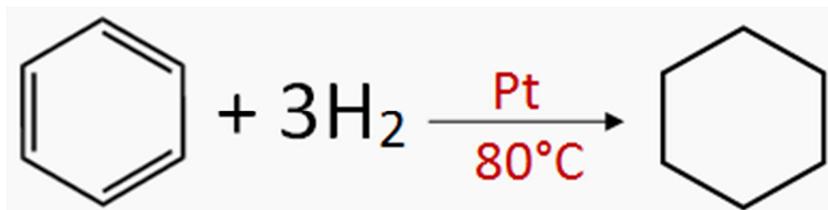


Ilustración 12. Hidrogenación

**Fuente:** (Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, 2010)

### 2.2. Producción del benceno

Las fuentes de obtención del benceno son el petróleo y el carbón, el benceno producido se deriva de industrias petroquímicas y refinerías de petróleo. Algunos de estos derivados son el reformado catalítico, la hidrodealquilación del tolueno y la pirolisis de combustible. En estos procesos los naftenos como el metilciclohexano, el dimetilciclohexano y el

ciclohexano pasan a convertirse a benceno por medio del proceso de isomerización, desalquilación y deshidrogenación. (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales , 2018)

La reacción predominante dependerá del catalizador y de las condiciones en las que se realiza el proceso, el benceno puede ser recuperado por medio de la extracción con el solvente tetraetilenglicol.

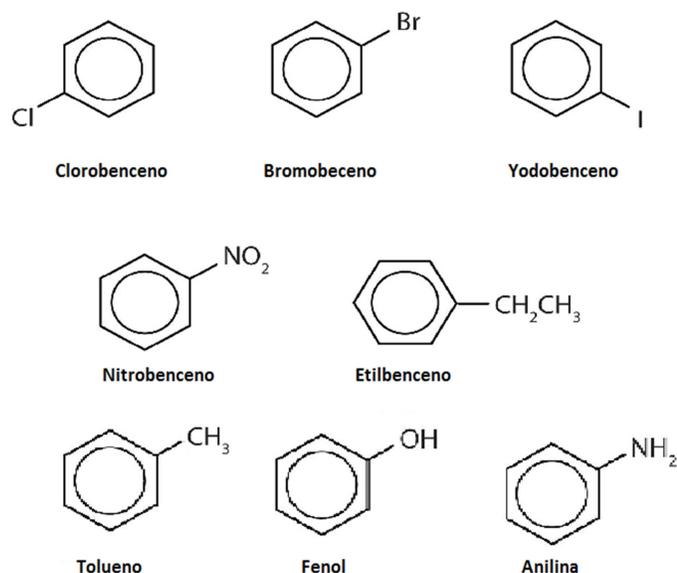
El xileno y el tolueno reaccionan con el elemento hidrógeno durante el proceso de hidrodesalquilación, de esta forma se producen dos compuestos, el metano y el benceno.

En la transalquilación del tolueno se logra producir concentraciones pequeñas de benceno por medio de la destilación del carbón que ha sido utilizado para la producción del coque.

### **2.3. Derivados del benceno**

La unión internacional de Química pura y Aplicada determina que los derivados del benceno corresponden a los hidrocarburos aromáticos.

A continuación en la ilustración 13 se observan algunos de los derivados más comúnmente utilizados. (Interest, 2015)



*Ilustración 13. Derivados del benceno.*

**Fuente:** Unión Internacional de Química Pura y Aplicada (IUPAC)

En la actualidad los compuestos cuyos posean un anillo de benceno son considerados hidrocarburos aromáticos, no es necesario tener como propiedad física un aroma fuerte o notorio para serlo. (Bunning, 2015)

Alrededor de los años 70s fue descubierto propiedades cancerígenas del benceno, esto no hace referencia a que todo compuesto derivado del benceno o bien dicho que posea un anillo de benceno en su estructura quiera decir que es cancerígeno.

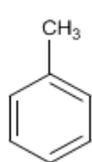
Al crear reacciones distintas del benceno en conjunto a otros compuestos para la producción de un tercer compuesto, las propiedades químicas de este pueden tener una gran variación entre ellas. (Lam, 2015)

#### 2.4. Nomenclatura de los derivados de benceno

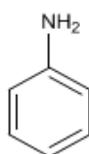
Para explicar mejor la nomenclatura de los derivados de benceno se utiliza un protocolo de reglas; (Colapret, 2013)

1. Para los bencenos monosustituidos se coloca el radical seguido por la palabra benceno, por ejemplo:

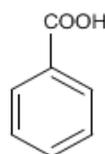
- Metilbenceno
  - Etilbenceno
  - Isopropilbenceno
  - Vinilbenceno
2. Para bencenos disustituídos el radical es ubicado de forma posterior y se utilizan prefijos como orto (o-), meta (m-) y para (p-), por ejemplo:
- o-Dimetilbenceno
  - m-Etilmetilbenceno
  - p-Isopropilmetilbenceno
3. Cuando se tienen bencenos de más de dos sustituyentes, deber enumerado el anillo para que los sustituyentes tengan menores localizadores. Por ejemplo:
- 4-Cloro-2-etil-1-metilbenceno
  - 1,4-Dietil-2-metilbenceno
  - 2-Bromo-1-cloro-4-metilbenceno
4. En el presente existen derivados del benceno comunes que deben ser conocidos, por ejemplo:



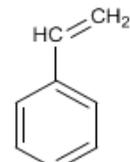
Tolueno



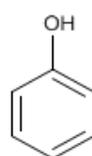
Anilina



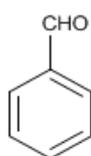
Ac. Benzoico



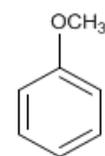
Estireno



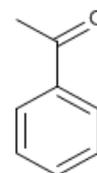
Fenol



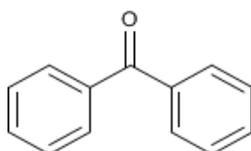
Benzaldehído



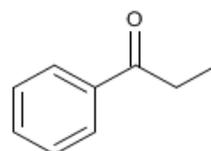
Anisol



Acetofenona



Benzofenona



Propiofenona

Ilustración 14. Derivados existentes del benceno.

Fuente: (Lifeder, 2010)

## 2.5. Efectos sobre la salud humana del benceno

Una gran variedad de enfermedades ha sido vinculada y asociada a la exposición humana al benceno, algunas de estas enfermedades son:

- Anemia
- Cáncer
- Anemia aplásica

Dicha exposición sucede en lugares tanto en el área laboral como en el hogar, esto es el resultado del uso continuo y periódico de productos o materiales que deriven del petróleo, estos tienen un porcentaje de benceno en su contenido, un ejemplo son combustibles, lubricantes y solventes.

Uno de los principales contaminantes de benceno de forma directa e indirecta es el humo del tabaco. (SALUD, 2019)

Para determinar el daño que podría causar el benceno a la salud humana se deben tomar en cuenta principalmente la cantidad de benceno a la que está expuesto el ser humano y el periodo de duración de esta exposición. (ATSDR, 2016)

Por ejemplo; estar sometido a una exposición breve, de 5 a 10 minutos a un nivel muy alto de benceno entre 10000 a 20000 ppm podría producir la muerte.

Niveles entre 700 a 3000 ppm podrían llegar a producir al ser humano arritmia, dolores de cabeza, confusión, vértigo y posible pérdida del conocimiento. En la gran mayoría de los casos al terminar la exposición al benceno los síntomas desaparecerán. (ATSDR, 2016)

Es considerado que la exposición al benceno causa pancitopenia, la cual es la reducción de células rojas, células blancas y células coagulantes en el sistema sanguíneo. En este punto los efectos son reversibles y podría ser solución detener la exposición al benceno.

Pero si la exposición es periódica y puede dar como resultado anemia o leucemia, también se considera que el benceno afecta de forma negativa la médula espinal, ya que ahí son producidas las nuevas células, esto podría terminar en anemia aplásica llegando a ser leucemia en un determinado punto.

Se han realizado estudios acerca del sistema inmunológico donde existe una notoria baja de defensas producido por el efecto en el cambio del sistema sanguíneo mencionado anteriormente.

El sistema nervioso también es afectado, no hay estudios puntuales para aquello, pero la exposición al benceno en períodos largos puede afectar a la médula espinal y dañar nervios periféricos, algunos de estos síntomas son dolores de cabeza, fatiga, insomnio y pérdida de memoria.

La IARC (Agencia Internacional para investigación de Cáncer) determinó la carcinogenicidad en humanos debido a la exposición al benceno, al igual que la ACGIH (Conferencia Americana de Higienistas Industriales Gubernamentales). Se encontró entre reportes y estudios epidemiológicos de trabajadores que han sido expuestos periódicamente al benceno, esto ha formado un vínculo entre el compuesto y la leucemia. También ha sido asociado el benceno y su exposición con el cáncer linfático, pulmonar y urotelial (células que revisten vejiga, uréteres, etc.). (CCSSO, 1997)

“Los efectos adversos más significativos de la exposición prolongada son hematotoxicidad, genotoxicidad y carcinogenicidad”. (Consejería de Sanidad y Consumo de la Región de Murcia, 2007)

La consejería de sanidad y consumo de la región de Murcia ofrece una tabla en la cual expone la concentración de benceno y su respectivo efecto en la salud humana.

**TABLA 1. EFECTOS DEL BENCENO A DIFERENTES CONCENTRACIONES**

<b>Concentración de benceno</b>	<b>Efectos del benceno a diferentes concentraciones</b>
0,17 µg/m <sup>3</sup> (0.00005 ppm)	Concentración en aire asociadas con un aumento del riesgo para toda la vida por leucemia de 1/1.000.000
1,7 µg/m <sup>3</sup> (0.00053 ppm)	Concentración en aire asociadas con un aumento del riesgo para toda la vida por leucemia de 1/100.000
17 µg/m <sup>3</sup> (0.00532 ppm)	Concentración en aire asociadas con un aumento del riesgo para toda la vida por leucemia de 1/10.000
3.200 µg/m <sup>3</sup> (1ppm)	Aparición de casos de leucemia en exposiciones de 40 años
4.800-15.000 µg/m <sup>3</sup> (1,5-4,7 ppm)	Concentración en aire asociadas con un aumento del riesgo para toda la vida por leucemia de 1/10.000
160.000-479.000 µg/m <sup>3</sup> (50-150 ppm)	Exposiciones de 5 horas a esta concentración pueden causar dolor de cabeza, desfallecimiento y debilidad.
1.597.000 µg/m <sup>3</sup> (500 ppm)	Exposiciones de 60 minutos a esta concentración pueden conducir a síntomas de enfermedad.
2.236.000-9.583.000 µg/m <sup>3</sup> (700-3.000 ppm)	Puede causar somnolencia, mareos, taquicardia, dolor de cabeza, temblores, confusión e inconsciencia.
A partir de 9.583.000 µg/m <sup>3</sup> (a partir de 3.000 ppm)	Puede provocar envenenamiento agudo, caracterizado por la acción narcótica del benceno en el SNC
23.957.000 µg/m <sup>3</sup> (7.500 ppm)	Exposiciones de 30 minutos a esta concentración pueden ser fatales.
31.943.000-63.886.000 µg/m <sup>3</sup> (10.000-20.000 ppm)	Exposiciones de 5 a 10 minutos a esta concentración puede provocar la muerte.

**Fuente:** (Consejería de Salud de la Región de Murcia, 2007)

## 2.6 Estudios de contaminación por BTX en otras ciudades del mundo.

Alrededor del mundo se han encontrado reportes de varios estudios de BTEX, muchos de estos comprueban las operaciones de suministro de combustibles para la automoción, esta es la principal fuente responsable por la contaminación por benceno en distintas ciudades.

A continuación en la tabla se mencionan distintas ciudades con sus respectivas concentraciones de benceno.

**TABLA 2 CONCENTRACIONES DE BENCENO**

Ciudad	Benceno ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Referencia
Mumbai	13.4 – 38.6	Mohan, 1997
Hannover	9.6	Ilgen, 2001
China	15.4 – 67.3	Wang, 2002
Hong Kong	2.75 – 15.11	Lee, 2002
Ciudad de México – Zona Metropolitana	5.29	Bravo, 2002
Kaohsing	10.97	Lai, 2004
Taiwan	13.28	
Delhi	22.3	Srivastava, 2000
Zabrze Ago-sept 2001	0.3 – 145.4	Pyta, 2006
Zabrze Ago-sept 2005	0.3 – 113.7	
Barcelona Rural	0.2 – 8.3	Gallego, 2006
Barcelona Urbano	0.5 – 12.4	
Nápoles área Metropolitana	4.4 – 17.2	Iovino, 2009
Nápoles cerca área suburbana	3.6 – 11.8	
Nápoles lejos área suburbana	2.3 – 12.8	
Hyderabad	120 – 173	Rekhadevi, 2010
Kolkata	13.8 – 72	Makumdar, 2011
Agra	14.7 $\pm$ 2.4	Singla, 2012
Medellín (Facultad de minas) ago 2006 – ago 2007.	7.8	AMVA, 2008
Medellín (Facultad de minas) sep 2011 – may 2012	7.2	AMVA, 2012
Medellín (Éxito San Antonio) sep 2011 – may 2012	8.1	

FUENTE: (Hernández, 2013)

## **2.7. Métodos de análisis de concentración de benceno en el ambiente**

Han sido establecidos varias metodologías para el análisis de concentraciones de benceno en el medio ambiente, a continuación un listado:

- Muestreadores de tipo pasivo
- Muestreadores de tipo activo
- Sensores remotos
- Bioindicadores
- Analizadores automatizados en línea

Dependiendo del caso se determina que metodología usar, es decir si llegásemos a necesitar conocer valores mínimos y máximos de determinadas contaminantes como el benceno serían más útiles los métodos automáticos.

Pero si hablamos de un estudio que amerita un largo plazo y captación de información a través del tiempo para mejorar un sector, por ejemplo donde se piensa que hay elevadas concentraciones periódicamente entonces no sería necesario utilizar métodos automáticos, para esto existen métodos complementarios que sirven como indicadores de las concentraciones en determinadas áreas.

### **2.7.1. Métodos pasivos de medición**

Muestreos de tipo pasivo para materia orgánica fueron comercializados desde hace muchos años atrás, fueron diseñados para muestreos considerados de elevadas concentraciones en el rango de ppm y con un máximo de 8 horas para su exposición.

El muestreo ORSA está construido de la siguiente manera.

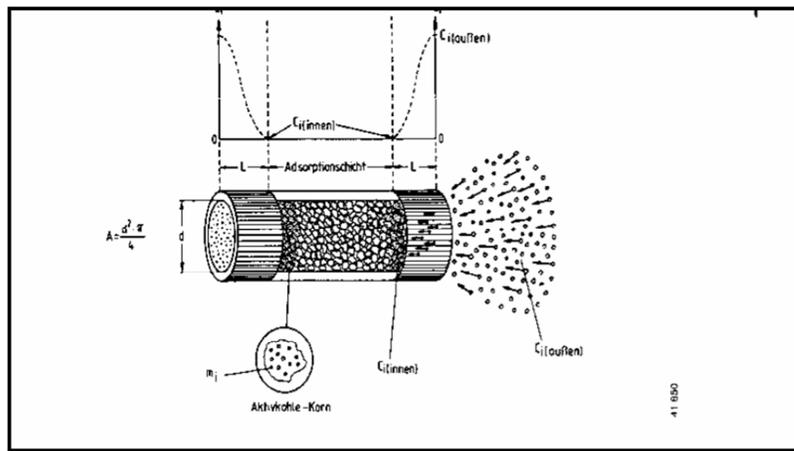


Ilustración 15 Muestreo ORSA para benceno

FUENTE: (Quijano, 2008)

Se trata de un tubo de pequeño tamaño y la distancia para difusión es limitada por un estrato de acetato de celulosa, la misma que ayuda para disminuir la influencia de las fuerzas de viento en el muestreo las cuales son responsables por variaciones bruscas durante la toma de muestra.

Los métodos de muestreo pasivo son apropiados debido a su relativo bajo costo y capacidad para determinar zonas donde se estima una alta contaminación por benceno y otros contaminantes, gracias a estos métodos es posible darle seguimiento a la evolución de hidrocarburos a largo plazo de una manera muy fácil. (Pfeffer, 1998)

Algunos usos y beneficios de los muestreadores pasivos.

- Funcionan como base para determinar las concentraciones de los principales contaminantes en el medio ambiente.
- Pueden determinar un promedio que representa la contaminación por área o zona como estudio preliminar o anteproyecto.
- Pueden ser utilizadas como métodos complementarios en conjunto con las semiautomáticas y de esta forma pueden ser reducidas el número de estaciones en un área determinada que este bajo monitoreo.
- Pueden ser utilizados como herramientas de “mapeo”, es decir podrían analizar un área donde se conoce la existencia de contaminantes y a la vez podrían determinar donde se encuentran las mayores concentraciones o picos de contaminantes en determinada área.

Los captadores pasivos se rigen por “La ley de Fick”, la cual es una relación entre el flujo de gas desde una región de alta concentración en un determinado tiempo de exposición y área.

Dentro del difusor se genera un gradiente de la concentración desde la parte externa del tubo hasta la parte interna, que es donde está ubicado el absorbente seleccionado y es el responsable de producir una fuerza en el captador que lleva al contaminante hasta el absorbente el cual tiene una concentración nula de ese contaminante a analizar.

La ley de Fick es basada en que todas las moléculas viajan a un mismo tiempo en lo que resulta un transporte en la misma dirección del volumen neto de una difusión, podría ser explicado como una difusión que intenta eliminar un volumen. Su formulación es la siguiente; (Delgado, 2014)

$$F = D * \frac{X}{L}$$

Donde:

- F es el flujo del contaminante X, en mol/cm<sup>2</sup>.min
- D es el coeficiente de difusión del gas, en cm<sup>2</sup>/min
- X es la concentración ambiental del gas, en mol/cm<sup>3</sup>
- L es la longitud de la zona de difusión, en cm

### **2.7.1.1. Factores principales de los captadores pasivos**

#### **Geometría del captador**

La geometría que posee el captador a utilizar es un punto esencial en afectar al coeficiente de captación (S), demostrado en su ecuación.

$$S = \frac{D \times a}{L}$$

Donde:

- a, es la sección transversal del captador, y la longitud de difusión en el interior del captador
- L, determinan principalmente el coeficiente de captación
- S o velocidad de captación para un contaminante determinado. El coeficiente de captación es por tanto fijo para un gas o vapor concreto y puede únicamente ser alterado con cambios en el tamaño o forma de los captadores (Delgado, 2014, p.89).

### **Elección del absorbente**

Depende del funcionamiento del captador pasivo a utilizar, deberá contar un muestreado con eficiencia de absorción del contaminante a analizar.

Si el absorbente llegase a ser débil la presión de vapor sería nula y la diferencia de concentraciones entre el vapor y el ambiente causaría que la fuerza de difusión sea mucho menor, por consecuencia el flujo de contaminantes va a ser reducido en función del tiempo.

La retrodifusión sucede cuando en un determinado tiempo del muestreo la concentración del contaminante en la superficie del absorbente que al que se encuentre en exterior, este caso la fuerza iría en sentido contrario.

### **Efectos de los factores ambientales**

Los factores ambientales que afectan a los captadores pasivos:

Los captadores pasivos pueden ser afectados por factores ambientales como:

- La velocidad del aire
- Efectos de lluvia
- Variaciones bruscas de la concentración de contaminantes y la temperatura.
- La temperatura y la presión, las cuales afectan directamente el coeficiente de difusión y pueden afectar también la capacidad de absorción del absorbente. A diferencia, de la capacidad del absorbente que es afectado por la humedad.

## Temperatura y Presión

Para los difusores pasivos ideales, el flujo solo dependerá del coeficiente de difusión del analito con respecto a la temperatura y presión, en la siguiente expresión se puede apreciar:

$$D = f(T^{n+1}, P^{-1}) \quad 0,5 < n < 1$$

El flujo del contaminante  $f$  con temperatura del orden entre (0,2–0,4) %  $K^{-1}$ .

La dependencia con la temperatura del flujo de contaminante será compensada con la dependencia del coeficiente de absorción del analito, con la temperatura, en el caso de un captador no ideal (Delgado, 2014)

En cualquiera de los casos, sea ideal o no, es necesario conocer las temperaturas y presiones promedio durante el tiempo de muestreo. (Delgado, 2014)

## Humedad

La humedad es uno de los principales agentes que pueden afectar la capacidad de absorción del absorbente. Esta es responsable por la reducción del tiempo de exposición a una concentración previa a la saturación del absorbente ya que ocurre la aparición una concentración de analito en la superficie por presión de vapor, esto lo vuelve no lineal el muestreo.

En algunos casos puntuales solo serán efectivo bajo condiciones húmedas, la sequedad excesiva podría detener todo el proceso de absorción. (Delgado, 2014)

### 2.7.1.2. Muestreadores activos

Estos dependen de un suministro de energía para poder bombear agua en el aire que se desea analizar, sea por medio de colección física o química. Un tubo de carbón activado con una bomba de succión sirve para la captación del benceno por cromatografía de gases con un detector de ionización de flama, a continuación un diagrama de su operación y funcionamiento.

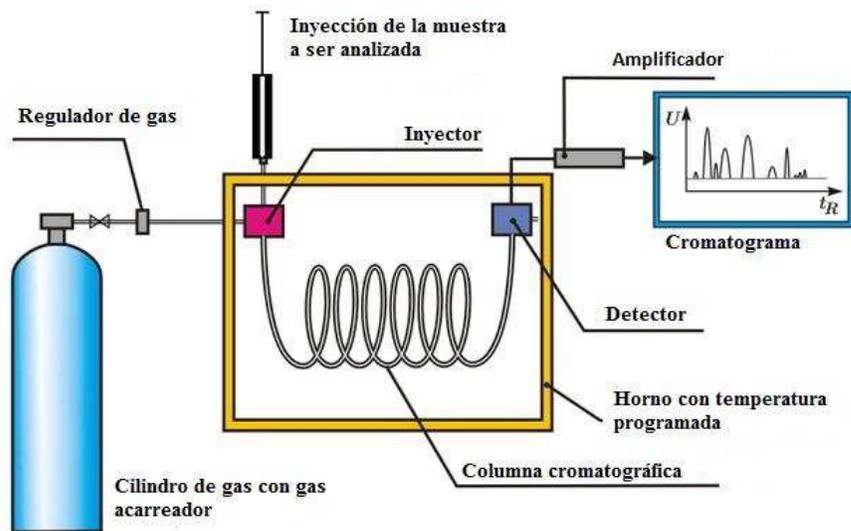
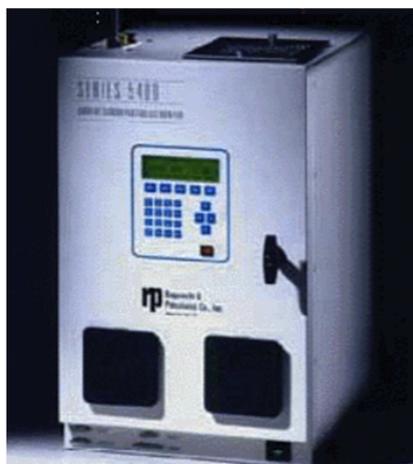


Ilustración 16 Cromatografía de gases.

FUENTE: (Castaño, 2015)

### 2.7.1.3. Analizadores o monitores automáticos

Este tipo de analizadores se basa en propiedades físicas y químicas propias del fluido gaseoso que será detectado, utilizando métodos optoelectrónicos, es decir, una cámara de reacción donde entra el gas donde debido a una reacción química como quimioluminiscencia es medida la luz y es producida una señal de tipo eléctrica directamente proporcional a la cantidad y concentración del contaminante analizado.



*Ilustración 17 Monitor de partícula, "Serie 5400 Carbon Particulate Monitor".*

FUENTE: (BATTELLE, 2001)

## **2.8. Causas de la contaminación atmosférica y los contaminantes atmosféricos más importantes**

La calidad del aire es determinada principalmente por la distribución geográfica de las fuentes de emisiones de contaminantes y sus respectivas cantidades en el ambiente.

Diversos procesos físicos son producidos en la atmósfera, estos son responsables de condicionar los procesos de transporte de los contaminantes mencionados.

Durante estos procesos la atmósfera recibe emisiones de distintas procedencias, pueden ser fuentes naturales como de volcanes en algún estado de actividad, sismos, incendios, etc. (Ecodes, 2019)

Algunos contaminantes conocidos como primario pueden ser:

- Óxido de Azufre
- Óxido de Nitrógeno
- Monóxido de Carbono
- Hidrocarburos
- Halógenos
- Arsénico
- Metales pesados como Plomo, Mercurio, Cobre, Zinc, etc.

- Asbesto y Amianto

Como contaminantes secundarios encontrados en la atmósfera y resultantes de reacciones químicas de contaminantes principalmente provenientes de una fuente antropogénica, tenemos:

- Ozono
- Sulfatos
- Nitratos
- Aldehídos
- Cetonas
- Ácidos
- Peróxido de Hidrogeno
- Radicales libres

En adición a lo mencionado, los contaminantes de carácter atmosféricos se dividen en dos grupos; partículas y gases.

### **Partículas**

Estas provienen de distintas fuentes, debido a esto son contaminantes complejos porque se forman de distintas sustancias, pudiendo ser estas líquidas o sólidas, tenemos:

- Humo, de diversos tipos de procesos de combustión
- Brumas, procedente de la condensación del vapor
- Aerosoles, combinación de partículas sólidas en suspensión por un gas
- Polvo, producido por procesos mecánicos como desintegración

Dentro de la clasificación de partículas podemos tener una subdivisión según el tamaño de las mismas;  **$PM_{10}$**  y  **$PM_{2.5}$** .

**$PM_{10}$**  .- Se caracterizan por tener partículas más gruesas de un diámetro de 10  $\mu\text{m}$ , normalmente provienen de procesos como la evaporación o

desintegración mecánica, estos contienen componentes principalmente del tipo natural, algunos ejemplos son:

- Minerales
- Aerosol marino
- Restos biológicos
- Partículas derivadas de procesos industriales
- Partículas derivadas de asfalto, neumáticos, frenos, abrasión

***PM<sub>2.5</sub>*** .- Se caracterizan por tener partículas más finas de un diámetro de 2.5  $\mu\text{m}$ , son generalmente más tóxicas por el origen antropogénico que poseen, se forman principalmente de partículas secundarias, algunos ejemplos son:

- Nitratos
- Sulfatos
- Peroxiacetil
- Hidrocarburos policíclicos aromáticos

## **Gases**

En esta clasificación hay una gran variedad de sustancias de distinta procedencia y mecanismos físico – químicos muy distintos, estos forman la mayor parte de gases contaminantes en la atmósfera.

En su mayoría son emitidos de forma natural y otros desde la atmósfera como contaminantes de tipo primarios, es decir óxidos de azufre, óxidos de carbono, óxidos de nitrógeno y la generación del ozono. (Ecodes, 2019)

## **Compuestos de azufre**

Estos están directamente vinculados y provienen de la combustión generada por vehículos, fuentes de energía como generadores, etc. También es contemplado por emisiones generadas por carbón de centrales térmicas, determinados procesos industriales y sistemas de calefacción.

Los más notorios son

- Dióxido de Azufre
- Ácido sulfúrico
- Sulfatos y derivados

### **Compuestos de nitrógeno**

Principalmente provenientes de emisiones no naturales, producto de generación de energía, sistemas de calefacción, etc. En su mayoría son generadores de monóxido de carbono y en determinados procesos es generado el dióxido de carbono.

### **Óxidos de carbono**

Generados mediante el proceso de combustión incompleto de monóxido de carbono y completo del dióxido de carbono, es decir emisiones vehiculares de vehículos y responsable principal del efecto invernadero (Biblioteca Nacional de Medicina de los E.E.U.U., 2018)

## **2.9 Calidad ambiental**

La calidad ambiental es afectada principalmente por la contaminación de sus agentes como los cuerpos de agua, suelos, aire, ruido, etc.

El efecto invernadero está directamente vinculado a esta contaminación, esto incrementa el desgaste de ecosistemas de todo tipo y la calidad ambiental en general.

Si se habla del “aire” este es determinado por diversos factores. La actividad de tipo industrial, como los procesos de manufactura son principales productores de emisiones que van a la atmosfera pero de los contaminantes generados es necesario regularlos para disminuir el impacto de los mismos en la atmosfera y salud de los seres vivos. (Martínez, 2013)

## **2.10 Contaminación ambiental**

La naturaleza es afectada por agentes de índole química, física y biológica, estos afectan la integridad de la misma de distintas formas, no solo afectándola de forma negativa sino a los seres vivos que habitan en la misma.

La contaminación ambiental es dada por la integración de sustancias, sean líquidas, gaseosas o sólidas, en algunos casos mixta, estos modifican la condición de la naturaleza de una forma negativa.

El ser humano es el principal responsable por la contaminación del medio ambiente, deben ser tomadas acciones a tiempo de lo contrario el empeoramiento de las condiciones ambientales incrementará significativamente, entre estos se encuentran las explotaciones de recursos naturales como el petróleo.

## **2.12 Legislación vigente referida Normativa (Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente)**

Se tomó como guía y normativa el acuerdo ministerial 097 A, con fecha de 4 de noviembre de 2015 para el ensayo por cromatografía de gases NIOSH 1501, anexo 4, medición de Benceno.

La entidad responsable por la verificación de datos obtenidos de las concentraciones de benceno es "La Autoridad Ambiental de Aplicación Responsable acreditada ante el Sistema Único de Manejo Ambiental, la misma deberá realizar la verificación de que los contaminantes no deberán exceder el límite de concentraciones dado por la norma y deberá tomar acciones para conseguir el cumplimiento de la vigente norma. (MINISTERIO DEL AMBIENTE DEL ECUADOR, 2012)

La responsabilidad del monitoreo de las concentraciones de contaminantes en el aire ambiente recaerá en la Autoridad Ambiental de Aplicación Responsable acreditada ante el Sistema Único de Manejo Ambiental. Los equipos, métodos y procedimientos a utilizarse, tendrán como referencia a

aquellos descritos en la legislación ambiental federal de los Estados Unidos de América (Code of Federal Regulations, Anexos 40 CFR 50), por las Directivas de la Comunidad Europea y Normas de la American Society for Testing and Materials (ASTM). (MINISTERIO DEL AMBIENTE DEL ECUADOR, 2012).

La Autoridad Ambiental de Aplicación Responsable acreditada ante el Sistema Único de Manejo Ambiental y los gestores acreditados para prestar sus servicios deberán demostrar, ante la Autoridad Ambiental Nacional, que sus equipos, métodos y procedimientos cumplan con los requerimientos descritos en esta norma. De existir otros tipos de métodos, equipos y procedimientos, se deberá justificar técnicamente para establecer la validez en uso oficial de los resultados. (MINISTERIO DEL AMBIENTE DEL ECUADOR, 2012).

La Autoridad Ambiental de Aplicación Responsable acreditada ante el Sistema Único de Manejo Ambiental establecerá sus procedimientos internos de control de calidad y aseguramiento de calidad del sistema de monitoreo de calidad del aire ambiente en la jurisdicción bajo su autoridad. Así mismo, la Autoridad Ambiental de Aplicación Responsable acreditada ante el Sistema Único de Manejo Ambiental deberá definir la frecuencia y alcance de los trabajos, tanto de auditoría interna como externa, para su respectivo sistema de monitoreo de calidad de aire ambiente. (MINISTERIO DEL AMBIENTE DEL ECUADOR, 2012).

La Autoridad Ambiental Nacional promoverá el desarrollo y establecimiento de un sistema nacional de acreditación para redes de monitoreo de aire ambiente en coordinación con el Servicio de Acreditación Ecuatoriano (SAE). (MINISTERIO DEL AMBIENTE DEL ECUADOR, 2012).

La Autoridad Ambiental Nacional, podrá solicitar de ser el caso a los proyectos, obras o actividades que emitan o sean susceptibles de emitir contaminantes al aire ambiente, la realización del monitoreo de la calidad del aire ambiente, según lo señalado en esta norma, con el objetivo de prevenir

el deterioro a futuro de la calidad del aire. De así requerirlo, la Autoridad Ambiental Nacional podrá coordinar lo antes mencionado, con las Autoridades Ambientales de Aplicación Responsable acreditadas al Sistema Único de Manejo Ambiental. (MINISTERIO DEL AMBIENTE DEL ECUADOR, 2012).

### 2.12.1. Normas generales referente al benceno (C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>).

El Acuerdo ministerial 97–A, publicado en el registro oficial 387 con fecha 4 de noviembre del año 2015 establece los límites permitidos de benceno en el ambiente en la tabla 3 a continuación:

**TABLA 3 LÍMITES PERMISIBLES DE BENCENO EN EL AMBIENTE**

CONTAMINANTE	VALOR*	UNIDAD	PERÍODO DE MEDICIÓN	EXCEDENCIA PERMITIDA
<b>Benceno</b>	5	µg/m <sub>3</sub>	Promedio aritmético de todas las muestras colectadas en 1 año	No se permite

**Fuente:** (TULSMA, 2015)

### 2.12.2. Métodos de medición de los contaminantes

La entidad responsable por la determinación de las concentraciones de los contaminantes no convencionales con efectos tóxicos y carcinógenos es La Autoridad Ambiental de Aplicación Responsable acreditada al Sistema Único de Manejo ambiental, se detalla en la tabla 4 a continuación;

**TABLA 4 MÉTODOS DE MEDICIÓN PARA CONCENTRACIONES DE BENCENO EN EL AMBIENTE**

BENCENO	Nombre: adsorción TENAX y Cromatografía de gases / espectrometría de masas (GC / MS)
	<b>Referencia:</b> EPA-Method To-1. METHOD FOR THE DETERMINATION OF VOLATILE ORGANIC COMPOUNDS IN AMBIENT AIR USING TENAX® ADSORPTION AND GAS CHROMATOGRAPHY/MASS SPECTROMETRY (GC/MS)(600/4-89-017).
	<b>Descripción del método:</b> Se obtiene a través de un cartucho que contiene 1-2 gramos de Tenax y ciertos compuestos orgánicos volátiles son atrapados en la resina, mientras que los compuestos orgánicos altamente volátiles y componentes de la atmósfera más inorgánicos pasan a través del cartucho. El cartucho se transfiere al laboratorio y se analiza en un cromatógrafo de gases o espectrómetro de masa.

**Fuente:** (TULSMA, 2015)

### 3 CAPITULO III – MARCO METODOLÓGICO

#### 3.1. Selección de ubicación de los puntos de muestreo

Los puntos de muestreo fueron seleccionados por estar en una intersección entre la Av. Casuarina y Vía Perimetral, en la cual transitan diversos tipos de automotores, se encuentran muchas empresas de manufactura y locales comerciales.

**TABLA 5 DIRECCIÓN Y COORDENADAS DE PUNTOS.**

<b>Punto Muestreo</b>	<b>Ubicación</b>	<b>Latitud</b>	<b>Longitud</b>
<b>P1</b>	Dr. Honorato Vásquez	0616792	9764704
<b>P2</b>	Av. Casuarina	0617130	9765730
<b>P3</b>	Vía Perimetral	0616848	9765915
<b>P4</b>	Vía Perimetral	0616848	9765572

FUENTE: (Elaboración propia, 2019)



Ilustración 18 Intersección Av. Casuarina y Vía Perimetral

### 3.2. Métodos analíticos de NIOSH

Es un grupo de métodos con el fin de analizar muestras de concentraciones en el aire, estas se evalúan teniendo en cuenta la capacidad para su respectivo monitoreo en la exposición donde será tomada la muestra. El método es determinado a generar precisión y sensibilidad en análisis de industrias. (NIOSH, 2012 )

En el caso de necesitar determinar concentraciones de contaminantes del tipo BTX-EB en el aire es recomendable el método NIOSH, en exposiciones en lugares de trabajo, sangre, y orina. El método es reconocido y utilizado a nivel mundial para el cálculo de contaminantes en personas y ambientes.

La selección del método dependerá del contaminante específico a analizar y dependiendo de la identificación y recolección de muestras. (NIOSH, 2012 )

Para el estudio de los contaminantes presentes en el ambiente de trabajo, la selección del método específico NIOSH se lo realiza según el agente de estudio y considerando las etapas secuenciales de identificación, recolección de la muestra, cadena de custodia y análisis de laboratorio. (NIOSH, 2012 )

### **3.2.1 Método NIOSH 1501**

Para el muestreo de agentes contaminantes de la agrupación BTX-EB la cual incluye: Benceno, Tolueno, Xileno y Etilbenceno, es recomendable utilizar el método NIOSH 1501 ya que son hidrocarburos aromáticos.

Este ensayo incluye el perfil valoración para los compuestos del grupo mencionado BTX-EB (NIOSH, 1994)

#### **APLICACIÓN**

El método es recomendado ya que obtiene los picos y TWA de hidrocarburos aromáticos, sin embargo las interacciones entre analitos pueden llegar a reducir el volumen de avance y afectar la desorción del mismo. (NIOSH, 1994)

#### **INTERFERENCIAS**

Si se encuentra en condiciones de alta humedad los volúmenes de avance podrían reducirse. Otros orgánicos volátiles como el alcohol, acetona, éter e hidrocarburos del tipo halogenado pueden ser posibles interferencias en el análisis. (NIOSH, 1994)

## **Existen dos tipos de mediciones, directa e indirecta;**

### **❖ Métodos de lectura directa**

El método utiliza equipos portátiles los cuales permiten el análisis durante un “*trabajo de campo*”, estos instrumentos son mayormente conocidos como de “*lectura directa*” y nos ayudan a conocer los contaminantes y sus proporciones en un área laboral. Los cromatógrafos de lectura directa tienen ventajas y desventajas a continuación;

#### **Ventajas:**

- ❖ Permite la obtención de resultados puntuales
- ❖ Permite el estudio de los datos en función a la variación de tiempo
- ❖ Son rápidos
- ❖ Son económicos

#### **Desventajas:**

- ✓ Menor precisión en la obtención de datos
- ✓ Con frecuencia presentan interferencias por otros agentes
- ✓ No son confiables para la evaluación de la exposición ocupacional de trabajadores.

### **❖ Métodos de lectura indirecta**

En su contraparte los métodos de lectura indirecta dan a conocer la composición química de la muestra y son altamente recomendados para describir la exposición ocupacional por lo que el muestreo podría ser de forma personal, estos métodos son realizados con técnicas instrumentales de análisis con una alta sensibilidad y especificidad.

Para este método es necesario obtener la muestra de aire en el área laboral a analizar y asegurarse de la conservación de la integridad de la misma, en su almacenamiento y movilización hasta poder ser analizada en laboratorio respectivo. (National Institute for Occupational Safety and Health, 2003)

El procedimiento consiste en obtener la muestra mediante una bomba de muestreo la cual s calibrada bajo especificaciones técnicas dada por NMAM y haciendo pasar un volumen de masa de aire a través de un elemento captador, el elemento captador es un cilindro el cual tiene un material adsorbente, por lo general se trata de carbón activado. (National Institute for Occupational Safety and Health, 2003)

Luego en laboratorio los vapores deben desorber por medio de disolventes específicos, esta disolución se analiza en un cromatógrafo de gases el cual es equipado con un detector de ionización. A partir de aquí se obtiene las áreas de picos de analitos y el patrón de los mismos. La calidad de los resultados siempre será principalmente dada por la ejecución del procedimiento de forma adecuada inicialmente. (National Institute for Occupational Safety and Health, 2003)

Las características respectivas de este método son dadas por la NIOSH en el método No. 1501 en la tabla a continuación:

**TABLA 6 CARACTERÍSTICAS ESPECÍFICAS PARA NIOSH 1501**

Idioma/ Año de publicación	Principio del método	Velocidad del flujo/ Volumen de aire recomendado	Estatus del método/ Observaciones
<b>Inglés / Versión 3/2003</b>	Tubo adsorbente con carbón activado 100/50mg. Desorción con 1 ml disulfuro de carbono añadido a cada sección. Análisis por GC/FID.	0.01 – 0.20 l/min. Vol. Máximo: 30,8,24 y 23 respectivamente.	Parámetros de validación NIOSH. Manual o Analytical Methods National Institute for occupational safety and Health.

FUENTE: (National Institute for Occupational Safety and Health, 2003)

### 3.3 Equipos utilizados

#### Equipos y material para la toma de muestra.

##### 3.3.1 Bomba de muestreo

Es utilizada una bomba portátil de muestreo GilAir3 SENSIDYNE calibrada con un caudal constante de +/-5% para permanecer en actividad continua durante el tiempo requerido del ensayo para el muestreo.

La bomba es conectada al cilindro con el tubo de muestra mediante una manguera de diámetro y longitud estandarizados para prevenir fugas y pérdida de fuerza de vacío.



*Ilustración 19 Bomba de muestro portatil GilAir3*

**Fuente:** (Elaboración propia, 2019)

### **3.3.2 Tubos de muestreo**

El ensayo utiliza tubos cilíndricos de vidrios los cuales están conectados a la bomba de vacío, estos son expuestos durante el periodo del ensayo al aire ambiente de la zona a analizar para la obtención de la muestra y posteriormente analizar por la cromatografía de gases. (NIOSH, 1994)

Las características físicas de los tubos son estándares de aproximadamente 7 centímetros de longitud con un diámetro interno de 4 milímetros y un diámetro externo de 6 milímetros, estos están sellados y contienen en su interior carbón activado en dos secciones, la primera consta con una sección de 100 mg y la segunda de 50 mg. Estos se transportan sellados con tapones de polietileno para poder ser llevados al laboratorio sin alteración alguna. (NIOSH, 1994)



*Ilustración 20 Tubo de muestreo con carbón activado.*

**Fuente:** (Elaboración propia, 2019)

### **3.3.3. Método de muestreo**

Fue utilizada una bomba de vacío portátil GilAir3 SENSIDYNE BMS-H-100, estas operaron a un determinado flujo específico para obtener el volumen determinado durante el tiempo del ensayo.

Estos datos fueron dados por el ensayo NIOSH 1501, la bomba fue unida al tubo de ensayo con el adsorbente por medio de tuberías flexibles, posteriormente se sellaron las muestras para ser llevadas a laboratorio y ser analizadas.

### **3.4 Toma de muestra**

Se contrató a la empresa ELICROM para que sea responsable de realizar el ensayo y respectivo análisis de datos por cromatografía según ensayo NIOSH 1501. Se tomaron las muestras en cada punto establecido para el análisis en un lapso de 8 horas por punto.

Estas muestras fueron analizadas por la misma empresa en sus laboratorios bajo el acuerdo ministerial 097-A

1. La bomba fue calibrada en el laboratorio previamente al ensayo con el caudal requerido por el ensayo.
2. Los tubos cuyos contienen el carbón activado para la toma de la muestra se deben romper e instalar dentro de la cámara de forma segura y conectar la tubería flexible del mismo a la bomba de vacío
3. Se debe poner en marcha la bomba una vez que todo esté instalado de forma fija y verificar en caso de alguna fuga, la bomba deberá estar una con una velocidad de flujo con precisión entre 0.01L/min y 0.2L/min.
4. Una vez terminado el tiempo de muestreo se debe retirar el tubo y sellarlo con las tapas de polietileno que suministra el mismo para cada extremo y ser transportado de forma segura al laboratorio.

#### **3.4.1 Preparación de la muestra**

1. Debe ser colocados las secciones del adsorbente en viales distintos por separado incluyendo el tapón de lana de vidrio con a la sección del adsorbente frontal.
2. Es agregado 1ml del disolvente determinado para cada vial y se debe sellar con las tapas en ambos extremos de la muestra.
3. La muestra deberá reposar durante 30 minutos aproximadamente con una ligera adicional cada 5 a 10 minutos.

#### **3.4.3 Medición**

- Una vez configurado el cromatógrafo de análisis de gases de acuerdo a las recomendaciones específicas por el fabricante y las condiciones necesarias.
- Se suministra 1 ml del disolvente determinado y se utiliza la técnica de lavado.

#### **3.5 Cálculos**

- Se determina la masa del analito encontrado en la parte frontal de la muestra ( $W_f$ ) y posterior de la muestra ( $W_b$ ) de las secciones

adsorbentes, y en las secciones de adsorbente medio frontal en blanco (Bf) y posterior (Bb) del medio.

Nota: si  $W_b > W_f / 10$ , informe avances y posibles pérdidas de muestra.

- Se procede a calcular la concentración C de analito en el volumen de aire muestreado, V(L):

$$C = \frac{(W_f + W_b - B_f - B_b)}{V}, \text{mg/m}^3$$

**Nota:  $1 \mu\text{g/m}^3 = 0,001 \text{mg/ m}^3$**

Se realizó un análisis de los resultados obtenidos en los puntos P1, P2, P3 y P4 ubicados a los alrededores de la intersección de la Av. Casuarina y la Vía Perimetral, la finalidad es de verificar el cumplimiento de los estándares permisibles en la Norma Ecuatoriana de Calidad de Aire ambiente del Acuerdo ministerial 97-A, dado el 4 de Noviembre del año 2015. (MINISTERIO DEL AMBIENTE DEL ECUADOR, 2012)

## 4 CAPÍTULO IX – RESULTADOS

### 4.1 Presentación de resultados

En la tabla 7 se encuentran los resultados de los puntos donde fueron tomadas las muestras por el laboratorio ELICROM S.A., en la misma se observa que se obtuvieron valores menores a límite permisible según el TULSMA (Texto Unificado de Legislación Secundaria de Medio Ambiente) en donde se encuentran los límites máximos permisibles para tener una calidad de ambiente adecuada para los seres vivos.

El punto **P1** ubicado en la Av. Casuarina, **P2** ubicado en Av. Honorato Vásquez y **P3** ubicado en la Vía Perimetral sentido norte pasando la intersección, obtuvieron valores muy similares de  $0.011 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , es un valor relativamente bajo en comparación al límite establecido por TULSMA, debe ser considerado que al estar en un lugar expuestos a corrientes de viento entre  $1.4 \text{ m/s}$  y  $1.8 \text{ m/s}$  es un factor importante el cual influye en la medición. En el punto **P4** ubicado en la Vía Perimetral, pasando la intersección sentido sur se obtuvo una ligera diferencia y un valor de  $0.012$ , en este punto constantemente se detienen automotores del tipo transporte público (buses, taxis y tricimotos), esto afecta disminuyendo la corriente de viento y una mayor concentración de emisiones proveniente de los vehículos.

Los puntos P1, P2, P3 Y P4 fueron analizados por el laboratorio ELICROM S.A. bajo el método NIOSH 1501 con fecha inicial de 26 de Agosto del año 2019.

En la tabla se realiza una comparación de los resultados obtenidos y el límite máximo permisible según TULSMA donde estos cumplen con la normativa.

Tabla 7 RESULTADOS DE ENSAYO NIOSH 1501

Punto	Coordenadas Geográficas	Lugar de medición (referencia)	RESULTADOS C6H6( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Límite máximo permisible C6H6( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	OBSERVACION
P1	0616792 - 9764704	FRENTE LOCAL COMERCIAL ELECTRODOMESTICOS	0,011	5,0	CUMPLE
P2	0617130 - 9765730	FRENTE A CLINICA	0,011	5,0	CUMPLE
P3	0616848 - 9765915	FRENTE A CANCHA SINTETICA	0,011	5,0	CUMPLE
P4	0616848 - 9765572	FRENTE A PUENTE NIGHT CLUB	0,012	5,0	CUMPLE

Fuente: (Elaboración propia, 2019)

### Condiciones Ambientales

Las condiciones ambientales durante las mediciones fueron las siguientes:

TABLA 8 CONDICIONES AMBIENTALES

Punto	Coordenadas Geográficas	Lugar de medición (referencia)	Temperatura media C°	Humedad Relativa %HR	Velocidad del viento (m/s)	Presión Atm (mmHg)
P1	0616792 - 9764704	FRENTE LOCAL COMERCIAL ELECTRODOMESTICOS	30,4	49,0	1,4	752,1
P2	0617130 - 9765730	FRENTE A CLINICA	30,4	49,0	1,8	752,1
P3	0616848 - 9765915	FRENTE A CANCHA SINTETICA	30,4	49,0	1,3	752,1
P4	0616848 - 9765572	FRENTE A PUENTE NIGHT CLUB	30,4	49,0	1,3	752,1

Fuente: (Elaboración propia, 2019)

## 5 CAPÍTULO V – CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1 Conclusiones

Los puntos seleccionados en la intersección de la Av. Casuarina y Vía Perimetral fueron evaluados de forma continua por la empresa ELICROM S.A. y realizando una comparación con los límites máximos permisibles según el Anexo 4 del Acuerdo Ministerial 097-A fue determinado que se encuentran por dentro del rango permisible siendo menores de 5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

1. Los resultados de las mediciones de las concentraciones de benceno en los puntos fueron:
  - Punto P1 ubicado en la Av. Casuarina (0.011  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).
  - Punto P2 ubicado en la Av. Dr. Honorato (0.011  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).
  - Punto P3 ubicado pasando la intersección sentido norte (0.011  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).
  - Punto P4 ubicado pasando la intersección sentido norte (0.011  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).
2. Se concluye que la velocidad del viento en los puntos seleccionados influye de manera significativa, a pesar del alto tránsito de automotores a diésel y gasolina las mediciones fueron relativamente bajas.
3. Estos niveles de benceno fueron influenciados por hecho de que la toma de muestra fue realizada durante una jornada laboral, es decir en un horario entre 8h00 a 18h00 entre semana donde encontramos la mayor afluencia de tránsito vehicular y funcionamiento de locales comerciales e industrias.
4. El benceno es un contaminante que está presente en todas partes pero en altas concentraciones en el aire puede producir enfermedades cancerígenas a los seres vivos

5. En el sitio donde fueron tomados los puntos, se puede apreciar un fuerte olor proveniente de las emisiones de automotores y de industrias de manufactura, sin embargo por temas de viento no se refleja en los resultados.

## **5.2 Recomendaciones**

De los resultados obtenidos por el ensayo y por la inspección en sitio se pueden realizar las siguientes recomendaciones.

1. Realizar un mayor control en estándares vehiculares tanto para pesados y livianos, ya que se pudo observar que muchos de estos vehículos expedían emisiones de forma abundante, las autoridades deberían regular esto de forma más estricta.
2. Realizar estudios adicionales para combustibles e implementar métodos para mejorar la calidad de los mismos y buscar formas para la depuración de emisiones provenientes de industrias.
3. Realizar estudios por otros métodos convencionales como monitoreo constantes para obtener resultados adicionales y poder ser comparados con los obtenidos en este estudio.
4. Realizar estudios adicionales, similar al presentado en este estudio pero en diferentes sectores de la ciudad de Guayaquil con el fin de tener una distribución y conocer las zonas de mayor afectación por este contaminante.
5. Entidades públicas, privadas y universidades deberían involucrarse en estas investigaciones sea para ayudar en brindar soluciones o realizar estudios paralelos para conocer la afectación de contaminantes como el benceno y poder tomar medidas de regulación necesarias

## BIBLIOGRAFÍA

- Agency for Toxic Substances and Disease Registry. (Septiembre de 1997). *División de Toxicología*. Obtenido de [http://www.saude.campinas.sp.gov.br/visa/vig\\_ambiental/manuais/19\\_Contaminante\\_BENCENO.pdf](http://www.saude.campinas.sp.gov.br/visa/vig_ambiental/manuais/19_Contaminante_BENCENO.pdf)
- Alcántara, M. (1992). *Química de hoy*. México: McGraw Hill Interamericana de México, S.A.
- Alonso, D. C. (2012). *QUIMICA ORGANICA, Sustitución electrofílica aromática*. Obtenido de <http://organica1.org/qo1/Mo-cap14.htm>
- Ambiental, A. E. (Febrero de 2019). *Evaluación de Impacto Ambiental*. Obtenido de <https://www.aec.es/web/guest/centro-conocimiento/evaluacion-de-impacto-ambiental>
- Ambientales, C. d. (Febrero de 2019). *Evaluación de Impacto Ambiental*. Obtenido de [www.ceja.org.mx/](http://www.ceja.org.mx/)
- Arteaga, P. M. (2010). *Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo*. Obtenido de <https://www.uaeh.edu.mx/scige/boletin/prepa3/n7/m7.html>
- Asprilla Blandón, L. J., & Cordoba Zapata, P. A. (Agosto de 2013). *Universidad de Antioquia*. Obtenido de <http://www.udea.edu.co/wps/wcm/connect/udea/9aba54e9-6297-4095-b577-5d27823efc32/leucemia+por+exposici%C3%B3n+a+benceno.pdf?MOD=AJPERES>
- ATSDR. (6 de Mayo de 2016). *Agencia para sustancias toxicas y registro de enfermedades*. Obtenido de [https://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es\\_phs3.html](https://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es_phs3.html)
- Baldeón, M. M. (Febrero de 2006). *Evaluación de Impacto Ambiental*. Obtenido de <https://www.larioja.org/medio-ambiente/es/atmosfera/calidad-aire/evolucion-principales-contaminantes/benceno-compuestos-volatiles/benceno>
- BATTELLE. (2001). *Environmental Technology Verification Report*.
- Biblioteca Nacional de Medicina de los E.E.U.U. (2018). *Información de Salud para usted*. Obtenido de <https://medlineplus.gov/spanish/pruebas-de-laboratorio/dioxido-de-carbono-co2-en-la-sangre/>
- Brown, R. (2012). *Monitoring the ambient environment with diffusive samplers: theory and practical considerations*. Journal of Environmental Monitoring.
- Brunning, A. (2015). *Benzene Derivatives in Organic Chemistry*. Obtenido de [compoundchem.com](http://compoundchem.com)
- Canter, L. &. (1997). *A tool kit for effective EIA practice - Review of methods and perspectives on their application*. Oklahoma: International Association for Impact Assessment.
- Castaño, E. (2015). *INSTRUMENTACIÓN EN LA CROMATOGRAFÍA GAS-LÍQUIDO*.
- CCSSO. (22 de 12 de 1997). *Recurso Nacional Canadiense de Seguridad y Salud Ocupacional*. Obtenido de [http://www.ccsso.ca/oshanswers/chemicals/chem\\_profiles/benzene/health\\_ben.html](http://www.ccsso.ca/oshanswers/chemicals/chem_profiles/benzene/health_ben.html)

- Centro Canadiense de Salud y Seguridad Ocupacional. (22 de Diciembre de 2006). Obtenido de [http://www.ccsso.ca/oshanswers/chemicals/chem\\_profiles/benzene/health\\_ben.html](http://www.ccsso.ca/oshanswers/chemicals/chem_profiles/benzene/health_ben.html)
- Colapret, J. (2013). *Benzene & Its Derivatives*. Obtenido de [colapret.com.utexas.edu](http://colapret.com.utexas.edu).
- Consejería de Sanidad y Consumo de la Región de Murcia. (Febrero de 2007). *Directorio de Sustancias Químicas Peligrosas*. Obtenido de <https://www.murciasalud.es/pagina.php?id=180251&idsec=1573>
- Consultores, K. (2019). *Muestreadores Pasivos*. Obtenido de <http://www.klepel.ch/2010/web/klepel/muespas.php>
- Corporación Eléctrica del Ecuador. (2014). Obtenido de <https://www.celec.gob.ec/hidropaute/sociedad-y-ambiente/sistema-de-calidad-ambiental.html>
- Delgado, J. (2014). *VALIDACIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE TÉCNICAS DE CAPTACIÓN PASIVA PARA EL ESTUDIO DE LOS NIVELES Y EFECTOS DE OZONO TROPOSFÉRICO Y DIÓXIDO DE NITRÓGENO EN UN ÁREA COSTERA MEDITERRÁNEA*. Madrid. Obtenido de <https://www.tesisred.net/bitstream/handle/10803/10539/capitulo5.pdf?sequence=7&isAllowed=y>
- Dirección de Medio Ambiente del Municipio de Quito. (2 de Abril de 2000). *La Hora*. Obtenido de <https://lahora.com.ec/noticia/1000011878/benceno-sustancia-cancerc3adgena>
- Ecodes. (Febrero de 2019). *Las causas de la contaminación atmosférica y los contaminantes atmosféricos más importantes*. Obtenido de <http://ecodes.org/salud-calidad-aire/201302176118/Las-causas-de-la-contaminacion-atmosferica-y-los-contaminantes-atmosfericos-mas-importantes>
- Ecuador, C. E. (Febrero de 2019). *Calidad ambiental*. Obtenido de <https://www.celec.gob.ec/hidropaute/sociedad-y-ambiente/sistema-de-calidad-ambiental.html>
- Fernández, G. (2010). *Química Organica*. Obtenido de <https://www.quimicaorganica.org/benceno/280-halogenacion-del-benceno.html>
- Franco, N. (21 de Agosto de 2015). *Historia del benceno*. Obtenido de <https://prezi.com/rrrlwmhgneej/historia-del-benceno/>
- González, V. (2006). *Química Orgánica*. México, D.F.
- Gutiérrez, S. (21 de Octubre de 2014). *ABC Salud*. Obtenido de <https://www.abc.es/salud/noticias/20141021/abci-polucin-feto-pulmon-201410201740.html>
- Hernández, C. M. (2013). Obtenido de <https://docplayer.es/90769736-Claudia-marcela-rubiano-hernandez.html>
- Hernández, C. M. (2013). *Universidad Nacional de Colombia*. Obtenido de <http://bdigital.unal.edu.co/9931/>
- <https://www.benceno.net/>. (Consultado 25/06). <https://www.benceno.net/>. Obtenido de <https://www.benceno.net/>
- Huelva, D. d. (Febrero de 2019). *Contaminación Ambiental*. Obtenido de <http://www.lineaverdehuelva.com/lv/consejos-ambientales/contaminantes/Que-es-la-contaminacion-ambiental.asp>

- IDEAM. (Febrero de 2019). *Benceno*. Obtenido de <http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/018903/Links/Guia7.pdf>
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales . (21 de Agosto de 2018). Obtenido de <http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/018903/Links/Guia7.pdf>
- Interest, A. B. (2015). *Benzene Derivatives in Organic Chemistry*. Obtenido de <https://www.lifeder.com/derivados-del-benceno/>
- IPSOMARY S.A. (2019). *Informe de Exposición a Contaminantes Químicos*. Guayaquil.
- Juárez, N. P. (Julio de 2012). *Universidad de Coruña*. Obtenido de [https://ruc.udc.es/dspace/bitstream/handle/2183/9976/PerezJuarez\\_Nerea\\_TFG\\_2012.pdf?sequence=2&isAllowed=y](https://ruc.udc.es/dspace/bitstream/handle/2183/9976/PerezJuarez_Nerea_TFG_2012.pdf?sequence=2&isAllowed=y)
- Lam, D. (2015). *Nomenclature of Benzene Derivatives*. Lifeder. (2010). *Lifeder*. Obtenido de Derivados del benceno.: <https://www.lifeder.com/derivados-del-benceno/>
- Magill, D. J. (1966). *The Journal of Chemical Physics* . Obtenido de Physical Properties of Aromatic Hydrocarbons. I. Viscous and Viscoelastic Behavior of 1:3:5-Tri- $\alpha$ -Naphthyl Benzene: <https://aip.scitation.org/doi/10.1063/1.1728059>
- Martín, C. (2007). *Tecnología para la Organización Pública*. Obtenido de <https://wp.ufpel.edu.br/consagro/files/2010/10/2-1-Clase.pdf>
- Martínez, A. (2013). *Introducción al monitoreo atmosférico*. Obtenido de <http://www.bvsde.ops-oms.org/bvsci/e/fulltext/intromon/intromon.htm>
- Ministerio de Medio Ambiente de España. (Febrero de 2007). *Ministerio para la Transición Ecológica*. Obtenido de [https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/atmosfera-y-calidad-del-aire/63241\\_01\\_guia\\_rd117\\_2003\\_\\_tcm30-281099.pdf](https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/atmosfera-y-calidad-del-aire/63241_01_guia_rd117_2003__tcm30-281099.pdf)
- MINISTERIO DEL AMBIENTE DEL ECUADOR. (2012). *TEXTO UNIFICADO DE LEGISLACIÓN SECUNDARIA DE MEDIO AMBIENTE*. Obtenido de <http://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2012/10/Acuerdo-50-NCA.pdf>
- Møller, P. H.-F. (2005). Ultrafine particulate matter and high-level benzene urban air pollution in relation to oxidative DNA damage. *Carcinogenesis, Volume 26*, 613–620.
- National Institute for Occupational Safety and Health. (2003). *Center for Disease Control and Prevention*. Obtenido de <https://www.cdc.gov/niosh/nmam/>
- National Institute for Occupational Safety and Health. (15 de Agosto de 2003). *Manual of Analytical Methods*. Obtenido de <https://www.cdc.gov/niosh/docs/2003-154/pdfs/1501.pdf>
- NIOSH. (1994). *NMAM, (NIOSH MANUAL OF ANALYTICAL METHODS 4th EDITION)*. Peter M. Eller, Ph. D.
- NIOSH, I. N. (15 de Diciembre de 2012 ). Obtenido de Centro para control y prevencion de enfermidades: <https://www.cdc.gov/spanish/niosh/metodosanalit-sp.html>
- Olguín Perez, L. P., & Rodríguez Magadán, H. M. (8 de Junio de 2004). *Universidad Nacional Autónoma de México*. Obtenido de

- [http://www.ibt.unam.mx/computo/pdfs/met/cromatografia\\_de\\_gases.pdf](http://www.ibt.unam.mx/computo/pdfs/met/cromatografia_de_gases.pdf)
- Peñaherrera, V. E. (2012). *Univiersidad Central del Ecuador*. Obtenido de <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/495/1/T-UCE-0017-14.pdf>
- Pfeffer, B. L. (1998). *Validation of Hydrocarbon diffusives tubes for ambienting monitoring*.
- Pontón, L. (2017).
- Quijano, R. (2008). *Fortalecimiento de la red de monitoreo de calidad de aire*.
- Quito, S. d.-D. (2015). *Norma de Calidad del Aire Ambiente Ecuatoriano*. Quito.
- SALUD, O. M. (2019). *ORGANIZACION MUNDIAL DE SALUD*. Obtenido de [https://www.who.int/ipcs/assessment/public\\_health/benzene/es/](https://www.who.int/ipcs/assessment/public_health/benzene/es/)
- Serkonten, P. (Febrero de 2019). *Contaminación Ambiental*. Obtenido de <https://www.phsserkonten.com/sanidad-ambiental/contaminacion-ambiental/>
- Servicio Geológico Mexicano. (22 de Marzo de 2017). Obtenido de [https://www.sgm.gob.mx/Web/MuseoVirtual/Aplicaciones\\_geologicas/Caracteristicas-del-petroleo.html](https://www.sgm.gob.mx/Web/MuseoVirtual/Aplicaciones_geologicas/Caracteristicas-del-petroleo.html)
- SOSA, S. (1999). *QUIMICA 2000*. VENEZUELA: HILL INTERAMERICANA.
- Tobares, L. (2003). *Evolución histórico de la estructura molecular del benceno*. Córdoba.
- Vallejo, J. M. (30 de Marzo de 2013). *Triple Enlace*. Obtenido de <https://triplenlace.com/2013/03/30/alquilacion-y-acilacion-de-friedel-crafts/>
- Vandal, H. (2007). *Academia Educativa*. Obtenido de [https://www.academia.edu/12734102/Importancia\\_biologica\\_de\\_los\\_derivados\\_del\\_benceno](https://www.academia.edu/12734102/Importancia_biologica_de_los_derivados_del_benceno)
- Warner, M. &. (1974). *Environmental impact analysis: a review of three*. Wisconsin: Wisconsin University.

## ANEXO 1.- ANEXO 4 DEL TEXTO UNIFICADO DE LEGISLACIÓN SECUNDARIA MEDIOAMBIENTAL (TULSMA)

**2.8 Contaminante peligroso del aire (no convencionales).**- Son aquellos contaminantes del aire que pueden presentar una amenaza de efectos adversos en la salud humana o en el ambiente.

**2.9 Contaminación del aire.**- La presencia de sustancias en la atmósfera, que resultan de actividades humanas o de procesos naturales, presentes en concentración suficiente, por un tiempo suficiente y bajo circunstancias tales que interfieren con el confort, la salud o el bienestar de los seres humanos o del ambiente.

**2.10 Diámetro aerodinámico.**- Para una partícula específica, es el diámetro de una esfera con densidad unitaria (densidad del agua) que se sedimenta en aire quieto a la misma velocidad que la partícula en cuestión.

**2.11 Dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>).**- Gas incoloro e irritante formado principalmente por la combustión de combustibles fósiles.  
actividades industriales, comerciales o de servicio, que produce molestia aunque no cause daño a la salud humana.

**2.25 Partículas Sedimentables.**- Material particulado, sólido o líquido, en general de tamaño mayor a 10 micrones; por su peso tienden a precipitarse con facilidad, razón por lo cual pueden permanecer en suspensión temporal en el aire ambiente.

**2.26 Percentil "q".**- En una población o conjunto de datos, el percentil "q" es el valor tal que por lo menos el "q" por ciento de los datos recopilados son iguales o menores a dicho valor.

**2.27 US EPA.**- Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos de América.

### 3. CLASIFICACIÓN

Esta norma establece los límites máximos permisibles de concentraciones de contaminantes criterio y contaminantes no convencionales, a nivel de suelo en el aire ambiente. La norma establece la presente clasificación:

- Norma de calidad de aire ambiente:

- a. Contaminantes del aire ambiente.
- b. Normas generales para concentraciones de contaminantes criterio en el aire ambiente.
- c. Planes de alerta, alarma y emergencia de la calidad del aire.
- d. Métodos de medición de concentración de contaminantes criterio del aire ambiente.

objetivos específicos.

**2.20 Monóxido de carbono (CO).**- Gas incoloro, inodoro y tóxico producto de la combustión incompleta de combustibles fósiles.

**2.21 Nivel de fondo (background).**-Expresa las condiciones ambientales imperantes antes de cualquier perturbación originada en actividades humanas, esto es, sólo con los procesos naturales en actividad.

**2.22 Norma de calidad de aire ambiente o nivel de inmisión.**- Es el valor que establece el límite máximo permisible de concentración, a nivel de suelo, de un contaminante del aire durante un tiempo promedio de muestreo determinado, definido con el propósito de proteger la salud y el ambiente. Los límites permisibles descritos en esta norma de calidad de aire ambiente se aplicarán para aquellas concentraciones de contaminantes que se determinen fuera de los límites del predio de los sujetos de control o regulados.

- . Dióxido de Azufre SO<sub>2</sub>.
- . Monóxido de Carbono CO
- . Ozono O<sub>3</sub>

4.1.1.2 Para efectos de esta norma se establecen como contaminantes no convencionales con efectos tóxicos y/o carcinogénicos a los siguientes:

- . Benceno (C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>)
- . Cadmio (Cd)
- . Mercurio inorgánico (vapores) (Hg)

4.1.1.3 La Autoridad Ambiental Nacional en coordinación con las Autoridades Ambientales de Aplicación Responsable acreditadas al Sistema Único de Manejo Ambiental, desarrollará e implementará a nivel nacional los programas de monitoreo para el cumplimiento de la presente norma.

4.1.1.4 La Autoridad Ambiental de Aplicación Responsable acreditada ante el Sistema Único de Manejo Ambiental verificará, mediante sus respectivos programas de monitoreo, que las concentraciones a nivel de suelo en el aire ambiente de los contaminantes criterio no excedan los valores estipulados en esta norma. Dicha Entidad queda facultada para establecer las acciones necesarias para, de ser el caso de que se excedan las concentraciones de contaminantes criterio y no convencionales del aire, hacer cumplir con la presente norma de calidad de aire. Caso contrario, las acciones estarán dirigidas a prevenir el deterioro a futuro de la calidad del aire.

- e. Normas generales para concentraciones de contaminantes no convencionales en el aire ambiente.
- f. Métodos de medición de concentración de contaminantes no convencionales del aire ambiente.
- g. De las molestias o peligros inducidos por otros contaminantes del aire.

#### 4. REQUISITOS

##### 4.1 Norma de calidad de aire ambiente

##### 4.1.1 De los contaminantes del aire ambiente

4.1.1.1 Para efectos de esta norma se establecen como contaminantes criterio del aire ambiente a los siguientes:

- . Partículas Sedimentables.
- . Material Particulado de diámetro aerodinámico menor a 10 (diez) micrones. Se abrevia PM10.

### Registro Oficial -- Edición Especial Nº 387 - Miércoles 4 de noviembre de 2015 -- 55

4.1.1.7 La información que se recabe, como resultado de los programas públicos de medición de concentraciones de contaminantes del aire, serán de carácter público.

4.1.1.8 La Autoridad Ambiental de Aplicación Responsable acreditada ante el Sistema Único de Manejo Ambiental establecerá sus procedimientos internos de control de calidad y aseguramiento de calidad del sistema de monitoreo de calidad del aire ambiente en la jurisdicción bajo su autoridad. Así mismo, la Autoridad Ambiental de Aplicación Responsable acreditada ante el Sistema Único de Manejo Ambiental deberá definir la frecuencia y alcance de los trabajos, tanto de auditoría interna como externa, para su respectivo sistema de monitoreo de calidad de aire ambiente.

4.1.1.9 La Autoridad Ambiental Nacional promoverá el desarrollo y establecimiento de un sistema nacional de acreditación para redes de monitoreo de aire ambiente en coordinación con el Servicio de Acreditación Ecuatoriano (SAE).

4.1.1.10 La Autoridad Ambiental Nacional, podrá solicitar de ser el caso a los proyectos, obras o actividades que emitan o sean susceptibles de emitir contaminantes al aire ambiente, la realización de monitoreos de calidad del aire ambiente, según lo señalado en esta norma, con el objetivo de prevenir el deterioro a futuro de la calidad del aire. De así requerirlo, la Autoridad Ambiental Nacional podrá coordinar lo antes mencionado, con las Autoridades Ambientales de Aplicación Responsable acreditadas al Sistema Único de Manejo Ambiental.

4.1.1.5 La responsabilidad del monitoreo de las concentraciones de contaminantes en el aire ambiente recaerá en la Autoridad Ambiental de Aplicación Responsable acreditada ante el Sistema Único de Manejo Ambiental. Los equipos, métodos y procedimientos a utilizarse, tendrán como referencia a aquellos descritos en la legislación ambiental federal de los Estados Unidos de América (Code of Federal Regulations, Anexos 40 CFR 50), por las Directivas de la Comunidad Europea y Normas de la American Society for Testing and Materials (ASTM).

4.1.1.6 La Autoridad Ambiental de Aplicación Responsable acreditada ante el Sistema Único de Manejo Ambiental y los gestores acreditados para prestar sus servicios deberán demostrar, ante la Autoridad Ambiental Nacional, que sus equipos, métodos y procedimientos cumplan con los requerimientos descritos en esta norma. De existir otros tipos de métodos, equipos y procedimientos, se deberá justificar técnicamente para establecer la validez en uso oficial de los resultados.

**Material particulado menor a 2,5 micrones (PM2.5).**- El promedio aritmético de la concentración de PM2.5 de todas las muestras en un año no deberá exceder de quince microgramos por metro cúbico (15  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

El promedio aritmético de monitoreo continuo durante 24 horas, no deberá exceder de cincuenta microgramos por metro cúbico (50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

Se considera sobrepasada la norma de calidad del aire para material particulado PM2.5 cuando el percentil 98 de las concentraciones de 24 horas registradas durante un período anual en cualquier estación monitorea sea mayor o igual a (50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

**Dióxido de azufre (SO2).**- La concentración SO2 en 24 horas no deberá exceder ciento veinticinco microgramos por metro cúbico (125  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ), la concentración de este contaminante para un período de diez minutos, no debe ser mayor a quinientos microgramos por metro cúbico (500  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

El promedio aritmético de la concentración de SO2 de todas las muestras en un año no deberá exceder de sesenta microgramos por metro cúbico (60  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

**Monóxido de carbono (CO).**- La concentración de monóxido de carbono de las muestras determinadas de forma continua, en un período de 8 (ocho) horas, no deberá exceder diez mil microgramos por metro cúbico (10 000  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) no más de una vez al año. La concentración máxima en (1) una hora de monóxido de carbono no deberá exceder treinta mil microgramos por metro cúbico (30 000  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) no más de una vez al año.

#### 4.1.2 Normas generales para concentraciones de contaminantes criterio en el aire ambiente

4.1.2.1 Para los contaminantes criterio del aire, definidos en 4.1.1.1, se establecen las siguientes concentraciones máximas permitidas. La Autoridad Ambiental Nacional establecerá la frecuencia de revisión de los valores descritos en la presente norma de calidad de aire ambiente. La Autoridad Ambiental de Aplicación Responsable acreditada ante el Sistema Único de Manejo Ambiental utilizará los valores de concentraciones máximas de contaminantes del aire ambiente aquí definidos, para fines de elaborar su respectiva ordenanza o norma sectorial.

**Partículas sedimentables.**- La máxima concentración de una muestra, colectada durante 30 (treinta) días de forma continua, será de un miligramo por centímetro cuadrado (1 mg/cm<sup>2</sup> x 30 d).

**Material particulado menor a 10 micrones (PM10).**- El promedio aritmético de la concentración de PM10 de todas las muestras en un año no deberá exceder de cincuenta microgramos por metro cúbico (50 µg/m<sup>3</sup>).

El promedio aritmético de monitoreo continuo durante 24 horas, no deberá exceder de cien microgramos por metro cúbico (100 µg/m<sup>3</sup>),

Se considera sobrepasada la norma de calidad del aire para material particulado PM10 cuando el percentil 98 de las concentraciones de 24 horas registradas durante un periodo anual en cualquier estación monitorea sea mayor o igual a (100 µg/m<sup>3</sup>)

**Ozono.**- La máxima concentración de ozono, obtenida mediante muestra continua en un periodo de (8) ocho horas, no deberá exceder de cien microgramos por metro cúbico (100 µg/m<sup>3</sup>), más de una vez en un año.

**Dióxido de nitrógeno (NO2).**- El promedio aritmético de la concentración de Dióxido de nitrógeno, determinado en todas las muestras en un año, no deberá exceder de cuarenta microgramos por metro cúbico (40 µg/m<sup>3</sup>).

La concentración máxima en (1) una hora no deberá exceder doscientos microgramos por metro cúbico (200 µg/m<sup>3</sup>).

4.1.2.2 Los valores de concentración de contaminantes criterio del aire, establecidos en esta norma, así como los que sean determinados en los programas públicos de medición, están sujetos a las condiciones de referencia de 25 °C y 760 mm Hg.

4.1.2.3 Las mediciones observadas de concentraciones de contaminantes criterio del aire deberán corregirse de acuerdo a las condiciones de la localidad en que se efectúen dichas mediciones, para lo cual se utilizará la siguiente ecuación:

$$C_c = C_o * \frac{760 \text{ mmHg} * (273 + t^{\circ}C)^{\frac{1}{2}} K}{P_{bl} \text{ mmHg} * 298^{\circ} K}$$

### 56 Miércoles 4 de noviembre de 2015 -- Edición Especial N° 387 - Registro Oficial

Donde:

Cc: concentración corregida

Co: concentración observada

Pbl: presión atmosférica local, en milímetros de mercurio.

t°C: temperatura local, en grados centígrados.

#### 4.1.3 De los planes de alerta, alarma y emergencia de la calidad del aire

4.1.3.1 La Autoridad Ambiental de Aplicación Responsable acreditada ante el Sistema Único de Manejo Ambiental

establecerá un Plan de Alerta, de Alarma y de Emergencia ante Situaciones Críticas de Contaminación del Aire, basado en el establecimiento de tres niveles de concentración de contaminantes. La ocurrencia de estos niveles determinará la existencia de los estados de Alerta, Alarma y Emergencia.

4.1.3.2 Se definen los siguientes niveles de alerta, de alarma y de emergencia en lo referente a la calidad del aire. Cada uno de los tres niveles será declarado por la Autoridad Ambiental de Aplicación Responsable acreditada ante el Sistema Único de Manejo Ambiental cuando uno o más de los contaminantes criterio indicados exceda la concentración establecida en la (Tabla 1) o cuando se considere que las condiciones atmosféricas que se esperan sean desfavorables en las próximas 24 horas.

**Tabla 1. Concentraciones de contaminantes criterio que definen los niveles de alerta, de alarma y de emergencia en la calidad del aire [1]**

CONTAMINANTE Y PERIODO DE TIEMPO	ALERTA	ALARMA	EMERGENCIA
<b>Monóxido de Carbono</b> Concentración promedio en ocho horas (µg/m <sup>3</sup> )	15000	30000	40000
<b>Ozono</b> Concentración promedio en ocho horas (µg/m <sup>3</sup> )	200	400	600
<b>Dióxido de Nitrógeno</b> Concentración promedio en una hora (µg/m <sup>3</sup> )	1000	2000	3000
<b>Dióxido de Azufre</b> Concentración promedio en veinticuatro horas (µg/m <sup>3</sup> )	200	1000	1800
<b>Material particulado PM 10</b> Concentración en veinticuatro horas (µg/m <sup>3</sup> )	250	400	500
<b>Material Particulado PM 2,5</b> Concentración en veinticuatro horas (µg/m <sup>3</sup> )	150	250	350

Nota:

[1] Todos los valores de concentración expresados en microgramos por metro cúbico de aire, a condiciones de 25 °C y 760 mm Hg.

4.1.3.3 Cada plan contemplará la adopción de medidas que, de acuerdo a los niveles de calidad de aire que se determinen, autoricen a limitar o prohibir las operaciones y actividades en la zona afectada, a fin de preservar la salud de la población.

4.1.3.4 La Autoridad Ambiental de Aplicación Responsable acreditada al Sistema Único de Manejo Ambiental podrá proceder a la ejecución de las siguientes actividades mínimas:

**En Nivel de Alerta:**

Informar al público, mediante los medios de comunicación, del establecimiento del Nivel de Alerta.

Restringir la circulación de vehículos así como la operación de fuentes fijas de combustión en la zona en que se está verificando el nivel de alerta para uno o más contaminantes específicos. Estas últimas acciones podrán consistir en limitar las actividades de mantenimiento de fuentes fijas de combustión, tales como soplado de hollín, o solicitar a determinadas fuentes fijas no reiniciar un proceso de combustión que se encontrase fuera de operación

**En Nivel de Alarma:**

Informar al público del establecimiento del Nivel de Alarma.

Restringir, e inclusive prohibir, la circulación de vehículos así como la operación de fuentes fijas de combustión en la zona en que se está verificando el nivel de alarma.

**Registro Oficial -- Edición Especial N° 387 - Miércoles 4 de noviembre de 2015 -- 57**

**En Nivel de Emergencia:**

Informar al público del establecimiento del Nivel de Emergencia.

Prohibir la circulación y el estacionamiento de vehículos así como la operación de fuentes fijas de combustión en la zona en que se está verificando el nivel de emergencia. Se deberá considerar extender estas prohibiciones a todo el conjunto de fuentes fijas de combustión, así como vehículos automotores, presentes en la región bajo responsabilidad de la Autoridad Ambiental de Aplicación Responsable acreditada ante el Sistema Único de Manejo Ambiental.

**4.1.4 De los métodos de medición de los contaminantes criterio del aire ambiente**

4.1.4.1 La responsabilidad de la determinación de las concentraciones de contaminantes criterio, a nivel de suelo, en el aire ambiente recaerá en la Autoridad Ambiental de Aplicación Responsable acreditada ante el Sistema Único de Manejo Ambiental. Los equipos, métodos y procedimientos a utilizarse en la determinación de la concentración de contaminantes, serán aquellos descritos en la legislación ambiental federal de los Estados Unidos de América (Code of Federal Regulations) por Directivas de la Comunidad Europea y normas ASTM y cuya descripción general se presenta a continuación (Tabla 2).

**Tabla 2. Métodos de medición de concentraciones de contaminantes criterio del aire**

CONTAMINANTE	NOMBRE, REFERENCIA Y DESCRIPCIÓN DEL MÉTODO
<b>Partículas Sedimentables</b>	<b>Nombre:</b> Método Gravimétrico, mediante Captación de Partículas en Envases Abiertos <b>Referencia:</b> Method 502. Methods of Air Sampling and Analysis, 3rd. Edition, Intersociety Committee, Lewis Publishers, Inc. 1988. <b>Descripción:</b> Se utilizará un envase, de 15 centímetros de diámetro o mayor, y con altura dos o tres veces el diámetro. La altura del envase, sobre el nivel de suelo, será de al menos 1,2 metros. Las partículas colectadas serán clasificadas en solubles e insolubles. Las partículas insolubles se determinarán mediante diferencia de peso ganado por un filtro de 47 mm, y que retenga aquellas partículas contenidas en el líquido de lavado del contenido del envase. En cambio, las partículas insolubles se determinarán mediante la diferencia de peso ganado por un crisol, en el cual se evaporará el líquido de lavado del envase. La concentración total de partículas sedimentables será la suma de partículas solubles e insolubles, normalizadas con respecto al área total de captación del envase.

<b>Material Particulado (PM10)</b>	<p><b>Nombre:</b> Método Gravimétrico, mediante muestreador de alto caudal o de bajo caudal.</p> <p><b>Referencia:</b> 40 CFR Part 50, Appendix J o Appendix M.</p> <p><b>Descripción:</b> el equipo muestreador, de alto caudal o de bajo caudal, estará equipado con una entrada aerodinámica capaz de separar aquellas partículas de tamaño superior a 10 micrones de diámetro aerodinámico. Las partículas menores a 10 micrones serán captadas en un filtro, de alta eficiencia, y la concentración se determinará mediante el peso ganado por el filtro, dividido para el volumen total de aire muestreado en un período de 24 horas continuas cada seis días como mínimo.</p> <p><b>Métodos Alternos:</b> podrán ser también utilizados los denominados métodos de medición continua, tanto del tipo Microbalanza Oscilante como el tipo Atenuación Beta. En el primer caso, el equipo muestreador, equipado con entrada aerodinámica PM10, posee un transductor de masa de las oscilaciones inducidas por el material particulado. En el segundo tipo, el equipo muestreador, con entrada PM10, contiene una fuente de radiación beta que determina la ganancia de peso en un filtro, a medida que este experimenta acumulación de partículas.</p>
<b>Material Particulado (PM2,5)</b>	<p><b>Nombre:</b> Método Gravimétrico, mediante muestreador de bajo caudal. Referencia: 40 CFR Part 50, Appendix J o Appendix L.</p> <p><b>Descripción:</b> el equipo muestreador, de bajo caudal, estará equipado con una entrada aerodinámica capaz de separar aquellas partículas de tamaño superior a 2,5 micrones de diámetro aerodinámico. Las partículas menores a 2,5 micrones serán captadas en un filtro, y la concentración se determinará mediante el peso ganado por el filtro, dividido para el volumen total de aire muestreado en un período de 24 horas.</p> <p><b>Métodos Alternos:</b> podrán ser también utilizados los denominados métodos de medición continua, del tipo Microbalanza Oscilante o del tipo Atenuación Beta, según se describió para material particulado PM10.</p>
<b>Dióxido de Azufre (SO2)</b>	<p><b>Nombre:</b> Método de la Pararosanilina: absorción en medio líquido y análisis colorimétrico posterior. Analizador Continuo por Fluorescencia.</p> <p><b>Referencias:</b> Método de la Pararosanilina: 40 CFR Part 50, Appendix A.</p> <p><b>Fluorescencia:</b> Diferentes fabricantes cuyos equipos se encuentren aprobados por la agencia de protección ambiental de EE.UU.</p> <p><b>Descripción:</b> Método de la Pararosanilina: el dióxido de azufre es absorbido en una solución de potasio o de tetracloromercurato de sodio (TCM). La muestra es acondicionada para evitar interferencias, en particular de metales y de agentes oxidantes, como ozono y óxidos de nitrógeno. La solución es tratada con formaldehído, ácido fosfórico y pararosanilina, a fin de mantener condiciones adecuadas de pH y de color. La concentración final se determina mediante colorímetro.</p> <p><b>Método Fluorescencia:</b> la concentración de dióxido de azufre es determinada mediante la medición de la señal fluorescente generada al excitar a dicho compuesto en presencia de luz ultravioleta.</p> <p><b>Método Alternativo:</b> Podrá ser utilizado el método pasivo referido en la Norma Europea EN 13528-1:2002, EN 13528-2:2002, EN 13528-3:2002, y deben aplicarse en conjunto en áreas sin riesgo de exceder los valores límite que fueron determinados previamente</p>
<b>Monóxido de Carbono (CO)</b>	<p><b>Nombre:</b> Analizador infrarrojo no dispersivo (NDIR)</p> <p><b>Referencia:</b> 40 CFR Part 50, Appendix C.</p> <p><b>Descripción:</b> el principio de medición consiste en determinar la concentración de monóxido de carbono mediante el cambio en absorción de energía infrarroja en diferentes longitudes de onda.</p>

<b>Ozono (O3)</b>	<p><b>Nombre:</b> Quimiluminiscencia Fotómetro ultravioleta</p> <p><b>Referencia:</b> 40 CFR Part 50, Appendix D.</p> <p><b>Descripción:</b> el principio de medición, para equipos con quimiluminiscencia, es la mezcla de aire con etileno, produciendo la reacción del ozono. Esta reacción libera luz (reacción quimiluminiscente), la cual es medida en un tubo fotomultiplicador.</p> <p>Para el caso de equipos con fotómetro ultravioleta, el principio de medición consiste en determinar la cantidad de luz absorbida a una longitud de onda de 254 nanómetros.</p> <p><b>Método Alternativo:</b> Podrá ser utilizado el método pasivo referido en la Norma Europea EN 13528-1:2002, EN 13528-2:2002, EN 13528-3:2002, y deben aplicarse en conjunto en áreas sin riesgo de exceder los valores límite que fueron determinados previamente.</p>
<b>Dióxido de Nitrógeno (NO2)</b>	<p><b>Nombre:</b> Quimiluminiscencia</p> <p><b>Referencia:</b> 40 CFR Part 50, Appendix F.</p> <p><b>Descripción:</b> el NO2 es convertido en NO, el cual reacciona con ozono introducido expresamente, produciendo luz en la reacción. El instrumento permite la presentación de resultados para concentraciones tanto de NO2 como de NO.</p> <p><b>Método Alternativo:</b> Podrá ser utilizado el método pasivo referido en la Norma Europea EN 13528-1:2002, EN 13528-2:2002, EN 13528-3:2002, y deben aplicarse en conjunto en áreas sin riesgo de exceder los valores límite que fueron determinados previamente.</p>

#### 4.1.5 Normas generales para concentraciones de contaminantes no convencionales con efectos tóxicos y/o carcinogénicos en el aire ambiente

4.1.5.1 Para los contaminantes no convencionales definidos en el 4.1.1.2, se establecen los siguientes niveles máximos permisibles descritos en la (Tabla 3). La Autoridad Ambiental de Aplicación Responsable acreditada ante el Sistema Único de Manejo Ambiental podrá elaborar su respectiva ordenanza o norma sectorial utilizando los niveles máximos permisibles para concentraciones de contaminantes no convencionales del aire ambiente aquí definidos pudiendo ser de mayor exigencia que los valores descritos.

**Tabla 3 Niveles máximos permisibles para contaminantes no convencionales con efectos tóxicos y/o carcinogénicos**

Contaminante no convencional	Nivel Máximo Permissible (µg/m3)	Tiempo de exposición
Benceno	5	Anual
Cadmio	5 x 10 <sup>-3</sup>	Anual
Mercurio inorgánico (vapores)	1	Anual

4.1.5.2 Los contaminantes no convencionales se evaluarán con promedios aritméticos para sus respectivas comparaciones con los niveles máximos permisibles, en sus respectivos periodos de muestreo a condiciones de referencia.

#### 4.1.6 De los métodos de medición de los contaminantes no convencionales con efectos tóxicos y/o carcinogénicos del aire ambiente

La Autoridad Ambiental de Aplicación Responsable acreditada ante el Sistema Único de Manejo Ambiental será la responsable de la determinación de las concentraciones de los contaminantes no convencionales con efectos tóxicos y/o carcinogénicos del aire ambiente de acuerdo con los métodos y procedimientos descritos en la legislación ambiental federal de los Estados Unidos de América (Code of Federal Regulations) por Directivas de la Comunidad Europea y normas ASTM, según se detalla en la (Tabla 4).

**Tabla 4. Métodos de medición de contaminantes no convencionales con efectos tóxicos y/o carcinogénicos del aire ambiente.**

Contaminante no convencional	Nombre, Referencia y Descripción del método
Cadmio	<p><b>Nombre:</b> Espectrometría de Absorción Atómica  <b>Referencia:</b> Method IO 3.2. Determination of metals in ambient particulate matter using atomic absorption AA Spectroscopy, (EPA/625/R-96/010a),  <b>Descripción:</b> El método se basa en un muestreo activo, con un muestreador de alto volumen. El análisis se realiza por absorción atómica (AA)</p>
Mercurio	<p><b>Nombre:</b> Espectrometría de Absorción Atómica con horno de grafito  <b>Referencia:</b> Method IO 3.2. Determination of metals in ambient particulate matter using , graphite furnace Atomic Absorption Spectroscopy. (EPA/625/R)  <b>Descripción:</b> El método se basa en la captura de partículas en filtros de membranas . El análisis se realiza por espectroscopía de absorción atómica con horno de grafito</p>
Benceno	<p><b>Nombre:</b> adsorción TENAX® Y Cromatografía de gases / espectrometría de masas (GC / MS)  <b>Referencia:</b> EPA-Method To-1. METHOD FOR THE DETERMINATION OF VOLATILE ORGANIC COMPOUNDS IN AMBIENT AIR USING TENAX® ADSORPTION AND GAS CHROMATOGRAPHY/MASS SPECTROMETRY (GC/MS) (600/4-89-017)  <b>Descripción:</b> Se obtiene la a través de un cartucho que contiene -1-2 gramos de Tenax y ciertos compuestos orgánicos volátiles son atrapados en la resina, mientras que los compuestos orgánicos altamente volátiles y componentes de la atmósfera más inorgánicos pasan a través del cartucho. El cartucho se transfiere al laboratorio y se analiza en un cromatografo de gases o espectrómetro de masa</p>

**4.1.7 De las molestias o peligros inducidos por otros contaminantes del aire**

4.1.7.1 Para fines de esta norma, la Autoridad Ambiental de Aplicación Responsable acreditada ante el Sistema Único de Manejo Ambiental podrá solicitar evaluaciones adicionales a los operadores o propietarios de fuentes que emitan, o sean susceptibles de emitir, olores ofensivos o contaminantes peligrosos del aire. De requerirse, se establecerán los métodos, procedimientos o técnicas para la reducción o eliminación en la fuente, de emisiones de olores o de contaminantes peligrosos del aire.

## ANEXO2.- INFORME ENTREGADO POR EL LABORATORIO ELICROM S.A.

	<b>INFORME DE ENSAYO N° ME-0820-001-19</b> <b>DETERMINACIÓN DE BENCENO</b> <b>EVALUACIÓN DE NIVELES DE BENCENO EN LA</b> <b>INTERSECCIÓN AV. CASUARINA Y VÍA PERIMETRAL, PARA</b> <b>FORMULAR RECOMENDACIONES SOBRE EL CONTROL DE</b> <b>ESTE CONTAMINANTE</b>
---	---

### IDENTIFICACIÓN DEL CLIENTE

EVALUACIÓN DE NIVELES DE BENCENO EN LA INTERSECCIÓN AV. CASUARINA Y VÍA PERIMETRAL, PARA FORMULAR RECOMENDACIONES SOBRE EL CONTROL DE ESTE CONTAMINANTE

Dirección: Prov. del Guayas – cantón Guayaquil; Intersección Av. Casuarina y vía Perimetral

Supervisión: Carlos Adrián Amador Gosdenovich

Telf.: 0981043027

Fecha de emisión del informe: 04 de septiembre de 2019

PRESENTACIÓN DEL MONITOREO			
Coordenadas Geográficas:	(P1) 0616732 – 9765704 (P2) 0617130 – 9765730 (P3) 0617001 – 9765915 (P4) 0616848 – 9765572	Coord. del proyecto:	Ing. José Marcial
		Técnico:	Steven Atencia
Orden de trabajo:	OT-0820-19	Fecha inicial:	26 de agosto de 2019
Norma técnica:	National Institute for Occupational Safety and Health 1501 (NIOSH)	Fecha final:	26 de agosto de 2019
Procedimiento de muestreo:	No aplica		

### EQUIPOS UTILIZADOS

CÓDIGO	EQUIPO	MARCA	MODELO	SERIE	FECHA CAL.	FECHA PRÓX.	CERTIFICADOS
EL.PT.555	BARÓMETRO	CONTROL COMPANY	1081	150540636	28-01-18	28-01-20	<a href="http://www.elicrom.com/trazabilidad/">http://www.elicrom.com/trazabilidad/</a>
EL.PT.568	ANEMÓMETRO	CONTROL COMPANY	3655	160252819	01-03-19	01-03-20	

### CROQUIS DE PUNTOS:



ME-0820-001-19

Página 1 de 2

Dirección: Cda Guayaquil Mz. 21 Calle 1era Solar 10 Frente al Mall del Sol; Pbx: 2282007; Cel: 0982939357; [ssaenz@elicrom.com](mailto:ssaenz@elicrom.com)  
 GUAYAQUIL - ECUADOR



**EVALUACIÓN DE NIVELES DE BENCENO EN LA INTERSECCIÓN AV. CASUARINAS Y VÍA PERIMETRAL, PARA  
FORMULAR RECOMENDACIONES SOBRE EL CONTROL DE ESTE CONTAMINANTE  
DETERMINACIÓN DE BENCENO  
AGOSTO DE 2019**

**UBICACIÓN: FRENTE A LOCAL COMERCIAL DE ELECTRODOMÉSTICOS**

Fecha de monitoreo: 26 de agosto de 2019

Equipo utilizado: Tubos Pasivos



Realizado por:

Téc. Steven Atencia

Agosto de 2019

	<b>INFORME DE ENSAYO N° ME-0820-001-19</b> <b>DETERMINACIÓN DE BENCENO</b> <b>EVALUACIÓN DE NIVELES DE BENCENO EN LA</b> <b>INTERSECCIÓN AV. CASUARINA Y VÍA PERIMETRAL, PARA</b> <b>FORMULAR RECOMENDACIONES SOBRE EL CONTROL DE</b> <b>ESTE CONTAMINANTE</b>
---	---

**DESCRIPCIÓN DEL ÁREA EVALUADA**

<b>NOMBRE:</b>	EVALUACIÓN DE NIVELES DE BENCENO EN LA INTERSECCIÓN AV. CASUARINA Y VÍA PERIMETRAL, PARA FORMULAR RECOMENDACIONES SOBRE EL CONTROL DE ESTE CONTAMINANTE
<b>ACTIVIDAD:</b>	ANÁLISIS DE BENCENO PARA SECTOR DE LA AV. CASUARINA
<b>DURACIÓN DEL MUESTREO:</b>	1 HORA

**CONDICIONES AMBIENTALES**

Lugar de Medición	Temperatura Media (°C)	Humedad Relativa (%HR)	Velocidad del Viento (m/s)	Presión Atmosférica (mmHg)
FRENTE A LOCAL COMERCIAL DE ELECTRODOMÉSTICOS	30,4	49,0	1,4	752,1
FRENTE A CLÍNICA	30,4	49,0	1,8	752,1
FRENTE A CANCHA SINTÉTICA	30,4	49,0	1,3	752,1
FRENTE A PUENTE NIGHT CLUB	30,4	49,0	1,3	752,1

**RESULTADOS**

Nombre del punto	Unidades del NIOSH 1501		Unidades del Tulsma	
	Benceno en Aire ug/L	Benceno Condiciones Standard ug/L	Benceno en Aire ug/m3	Benceno Condiciones Standard ug/m3
FRENTE A LOCAL COMERCIAL DE ELECTRODOMÉSTICOS	0,000011	0,000011	0,011	0,011
FRENTE A CLÍNICA	0,000011	0,000011	0,011	0,011
FRENTE A CANCHA SINTÉTICA	0,000011	0,000011	0,011	0,011
FRENTE A PUENTE NIGHT CLUB	0,000012	0,000013	0,012	0,013

Este informe no podrá reproducirse sin la aprobación escrita del laboratorio ELICROM MEDIO AMBIENTE. El presente informe se refiere solamente al sitio descrito en este informe en las condiciones ambientales descritas al momento del ensayo.

AUTORIZADO POR:

  
 .....  
 ING. SHIRLEY SÁENZ  
 GERENTE TÉCNICO DE MEDIO AMBIENTE

**ANEXO:**  
 1. **FOTOGRAFÍAS**  
 2. **CERTIFICADOS DE CALIBRACIÓN**

ME-0820-001-19

Página 2 de 2

Dirección: Cda Guayaquil Mz. 21 Calle 1era Solar 10 Frente al Mall del Sol, Pbx: 2282007, Col: 0982939357; ssaenz@elicrom.com  
 GUAYAQUIL - ECUADOR



**EVALUACIÓN DE NIVELES DE BENCENO EN LA INTERSECCIÓN AV. CASUARINAS Y VÍA PERIMETRAL, PARA  
FORMULAR RECOMENDACIONES SOBRE EL CONTROL DE ESTE CONTAMINANTE  
DETERMINACIÓN DE BENCENO  
AGOSTO DE 2019**

**UBICACIÓN: FRENTE A CLÍNICA**

Fecha de monitoreo: 26 de agosto de 2019

Equipo utilizado: Tubos Pasivos



Realizado por:

Téc. Steven Atencia

Agosto de 2019



**EVALUACIÓN DE NIVELES DE BENCENO EN LA INTERSECCIÓN AV. CASUARINAS Y VÍA PERIMETRAL, PARA  
FORMULAR RECOMENDACIONES SOBRE EL CONTROL DE ESTE CONTAMINANTE  
DETERMINACIÓN DE BENCENO  
AGOSTO DE 2019**

**UBICACIÓN: FRENTE A CANCHA SINTÉTICA**

Fecha de monitoreo: 26 de agosto de 2019

Equipo utilizado: Tubos Pasivos



Realizado por:

Téc. Steven Atencia

Agosto de 2019



**EVALUACIÓN DE NIVELES DE BENCENO EN LA INTERSECCIÓN AV. CASUARINAS Y VÍA PERIMETRAL, PARA  
FORMULAR RECOMENDACIONES SOBRE EL CONTROL DE ESTE CONTAMINANTE  
DETERMINACIÓN DE BENCENO  
AGOSTO DE 2019**

**UBICACIÓN: FRENTE A PUENTE NIGHT CLUB**

Fecha de monitoreo: 26 de agosto de 2019

Equipo utilizado: Tubos Pasivos



Realizado por:

Téc. Steven Atencia

Agosto de 2019

ANEXO: 2

PERTENECE: ME-0820-001-19

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN No: CC-0429-008-18

<b>IDENTIFICACIÓN DEL CLIENTE</b>							
EMPRESA:	ELICROM CIA LTDA						
DIRECCIÓN:	CIUDADELA GUAYAQUIL, CALLE 1 ERA MZ 21 SOLAR 10						
TELÉFONO:	2282007						
<b>IDENTIFICACIÓN DEL EQUIPO</b>							
EQUIPO:	BARÓMETRO						
MARCA:	CONTROL COMPANY						
MODELO/TIPO:	1081						
SERIE:	150540636						
CÓDIGO CLIENTE:	EL.PT.555						
UNIDAD DE MEDIDA:	mbar						
RESOLUCIÓN:	1						
CAPACIDAD / RANGO:	(800 a 1050) mbar						
UBICACIÓN:	MEDIO AMBIENTE						
<b>PATRONES UTILIZADOS</b>							
CODIGO	NOMBRE	MARCA	MODELO	SERIE	FECHA CAL.	PROX. CAL	
EL.PC.037	BAROMETRO PATRON	DELTA OHM	HD2001	15019183	19-sep-16	19-sep-18	
EL.ET.132.01	VACUOMETRO ( BOMBA DE VACIO )	USG	BOURDON TIPO A	NO ESPECIFICA	18-ene-18	18-ene-19	
EL.EA.274	CAMARA AL VACIO	VWR	6292	300045842	NO APLICA	NO APLICA	
EL.PT.385	TERMOMIGROMETRO	CENTER	342	140103655	01-abr-17	01-abr-18	
<b>CALIBRACIÓN</b>							
MÉTODO:	COMPARACIÓN DIRECTA MEDIANTE BARÓMETRO PATRÓN Y CAMARA PRESURIZADA						
PROCEDIMIENTO:	PEC.EL.46						
LUGAR DE CALIBRACIÓN:	LABORATORIO DE TORQUE, FUERZA Y PRESIÓN (ELICROM)						
TEMPERATURA MEDIA (°C):	24,1						
HUMEDAD MEDIA (%HR):	51,4						
<b>DECRECIENTE</b>				<b>CRECIENTE</b>			
Patrón	Equipo	Corrección	Incertidumbre	Patrón	Equipo	Corrección	Incertidumbre
mbar	mbar	mbar	mbar	mbar	mbar	mbar	mbar
1012,2	1012	0	0,59	1012,4	1012	0	0,59
901,4	901	0	0,83	899,8	900	0	0,83
849,7	850	0	0,83	848,5	849	1	0,83
<b>OBSERVACIONES</b>							
<p>El cálculo de la incertidumbre expandida se realizó en base a la guía OAE G02 R01, multiplicando la incertidumbre típica por el factor de cobertura <math>k=2,00</math>, que para una distribución t (de Student) con <math>V_{eff} = \infty</math> (grados efectivos de libertad) corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente el 95,45%. La incertidumbre típica de medición se ha determinado conforme al documento EA-4/02. Este certificado no podrá reproducirse excepto en su totalidad sin la aprobación escrita del laboratorio Elicrom Calibración. El presente certificado se refiere solamente al equipo arriba descrito al momento del ensayo.</p>							
CALIBRACIÓN REALIZADA POR:		Alex Bajaña					
FECHA CALIBRACIÓN:		2018-01-28		FECHA PRÓXIMA:		2020-01-28	
AUTORIZADO POR:		Ing. Sabino Pineda		RECIBIDO POR:			
GERENTE TÉCNICO				RESPONSABLE - CLIENTE			



ANEXO: 2

PERTENECE: ME-0820-001-19

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN No: CC-0838-004-19**

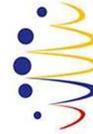
																									
<b>IDENTIFICACIÓN DEL CLIENTE</b>																									
EMPRESA:	EUCROM CIA LTDA																								
DIRECCIÓN:	CIUDADELA GUAYAQUIL, CALLE 1 ERA MZ 21 SOLAR 10																								
TELÉFONO:	2282007																								
<b>IDENTIFICACIÓN DEL EQUIPO</b>																									
EQUIPO:	ANEMÓMETRO																								
MARCA:	CONTROL COMPANY																								
MODELO/TIPO:	3655																								
SERIE:	160252819																								
CÓDIGO CLIENTE:	EL PT. 568																								
UNIDAD DE MEDIDA:	m/s																								
RESOLUCIÓN:	0,1																								
RANGO:	(0 a 30) m/s																								
UBICACIÓN:	MEDIO AMBIENTE																								
<b>EQUIPOS UTILIZADOS</b>																									
CÓDIGO	NOMBRE	MARCA	MODELO	SERIE	FECHA CAL.	PROX. CAL.																			
EL PC 060	ANEMOMETRO PATRON	TSI ALNOR	AVM440	AVM441813009	2016-11-30	2020-12-30																			
EL PT 738	TUNEL DE VIENTO	OMEGA	WT4401-D	171109	2017-11-17	2019-11-17																			
EL PT 597	BARÓMETRO DIGITAL	CONTROL COMPANY	1081	160458369	2018-05-17	2019-05-17																			
EL PT 365	TERMOHIGRÓMETRO	CENTER	342	140103695	2018-04-02	2019-04-02																			
<b>CALIBRACIÓN</b>																									
MÉTODO:	COMPARACIÓN DIRECTA MEDIANTE ANEMÓMETRO PATRÓN Y TUNEL DE VIENTO																								
PROCEDIMIENTO:	PEC.EL.53																								
LUGAR DE CALIBRACIÓN:	LABORATORIO EUCROM																								
CONDICIONES AMBIENTALES:	TEMPERATURA MEDIA: 22,8 °C																								
	HUMEDAD RELATIVA MEDIA: 50,2 %HR																								
	PRESIÓN ATMOSFÉRICA MEDIA: 1009 hPa																								
	<table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <thead> <tr> <th>Unidad de Medida</th> <th>Patrón</th> <th>Equipo</th> <th>Error</th> <th>Incertidumbre</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>m/s</td> <td>3,00</td> <td>3,0</td> <td>0,0</td> <td>0,99</td> </tr> <tr> <td>m/s</td> <td>14,86</td> <td>14,8</td> <td>-0,1</td> <td>0,61</td> </tr> <tr> <td>m/s</td> <td>26,62</td> <td>26,6</td> <td>-0,2</td> <td>0,68</td> </tr> </tbody> </table>					Unidad de Medida	Patrón	Equipo	Error	Incertidumbre	m/s	3,00	3,0	0,0	0,99	m/s	14,86	14,8	-0,1	0,61	m/s	26,62	26,6	-0,2	0,68
Unidad de Medida	Patrón	Equipo	Error	Incertidumbre																					
m/s	3,00	3,0	0,0	0,99																					
m/s	14,86	14,8	-0,1	0,61																					
m/s	26,62	26,6	-0,2	0,68																					
<b>OBSERVACIONES</b>																									
La estimación de la incertidumbre expandida se realizó con base en el documento JCGM 100:2008 (GUM 1995 with minor corrections) "Evaluation of measurement data - Guide to the expression of uncertainty in measurement", multiplicando la incertidumbre típica combinada por el factor de cobertura $k=2,00$ , que para una distribución t (de Student) con $\nu_{\text{eff}} =$ (grados efectivos de libertad) corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente el 95,45%. Este certificado no podrá reproducirse excepto en su totalidad sin la aprobación escrita del laboratorio Elicrom Calibración. El presente certificado se refiere solamente al equipo arriba descrito al momento de la calibración.																									
CALIBRACIÓN REALIZADA POR: <u>Alex Balaña</u>																									
FECHA CALIBRACIÓN:	2019-03-01	FECHA PRÓXIMA:	2020-03-01																						
AUTORIZADO POR:	Ing. Sabino Pineda		RECIBIDO POR:																						
GERENTE TÉCNICO			RESPONSABLE - CLIENTE																						



**Presidencia  
de la República  
del Ecuador**



**Plan Nacional  
de Ciencia, Tecnología,  
Innovación y Saberes**



**SENESCYT**  
Secretaría Nacional de Educación Superior,  
Ciencia, Tecnología e Innovación

## **DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN**

Yo, **Amador Gosdenovich, Carlos Adrián**, con C.C: # **0941263469** autor/a del trabajo de titulación **Evaluación de niveles de Benceno entre la Avenida Casuarina y la Perimetral, sector Norte de la ciudad de Guayaquil, para formular recomendaciones sobre el control de este contaminante, por parte de las autoridades ambientales competentes**, previo a la obtención del título de **Ingeniera Civil** en la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

1.- Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las instituciones de educación superior, de conformidad con el Artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de titulación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.

2.- Autorizo a la SENESCYT a tener una copia del referido trabajo de titulación, con el propósito de generar un repositorio que democratice la información, respetando las políticas de propiedad intelectual vigentes.

Guayaquil, **18 de Septiembre de 2019**

f. \_\_\_\_\_

Nombre: **Amador Gosdenovich, Carlos Adrián**

C.C: **0941263469**

## **REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA**

### **FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE TITULACIÓN**

<b>TEMA Y SUBTEMA:</b>	Evaluación de niveles de Benceno entre la Avenida Casuarina y la Perimetral, sector Norte de la ciudad de Guayaquil, para formular recomendaciones sobre el control de este contaminante, por parte de las autoridades ambientales competentes.		
<b>AUTOR(ES)</b>	Amador Gosdenovich, Carlos Adrián		
<b>REVISOR(ES)/TUTOR(ES)</b>	Ing. Clara Glas Cevallos, M.Sc.		
<b>INSTITUCIÓN:</b>	Universidad Católica de Santiago de Guayaquil		
<b>FACULTAD:</b>	Facultad de Ingeniería		
<b>CARRERA:</b>	Ingeniería Civil		
<b>TÍTULO OBTENIDO:</b>	Ingeniera Civil		
<b>FECHA DE PUBLICACIÓN:</b>	18 de septiembre de 2019	<b>No. DE PÁGINAS:</b>	84 páginas
<b>ÁREAS TEMÁTICAS:</b>	Ingeniería Civil, Ingeniería Ambiental, Ingeniería Química		
<b>PALABRAS CLAVES/ KEYWORDS:</b>	Ingeniería Ambiental; Benceno; T.U.L.S.M.A.; SAE; Sustitución Aromática; COV		

El presente proyecto de titulación trata sobre la evaluación de los niveles de benceno en la intersección entre la Av. Casuarina y la Vía Perimetral, en la ciudad de Guayaquil; al conocer los niveles de benceno se realiza un análisis comparativo con la vigente normal dada en el anexo 4 del Texto Unificado de Legislación Secundaria Medioambiental. Esta investigación es relevante debido a que el benceno es un contaminante presente en el aire y afecta de forma negativa su calidad y la salud de los seres vivos. Es conocido que el benceno en una prolongada exposición puede afectar de forma negativa la salud humana con enfermedades como el cáncer, afecta el sistema inmunológico, afecta el sistema nervioso y puede dañar material genético celular produciendo leucemia.

Los puntos para el análisis fueron estratégicamente seleccionados debido a la cantidad de industrias, locales comerciales y tráfico vehicular en los alrededores. Se conoce que las principales fuentes de benceno son por medio de las emisiones vehiculares y procesos de distintos tipos de fabricación, es decir de origen antropogénico.

Se utiliza un método específico por la normativa para la captación de la muestra y el análisis de la misma en 4 puntos escogidos. Los resultados obtenidos cumplieron con las Normas ambientales.

<b>ADJUNTO PDF:</b>	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO
<b>CONTACTO CON AUTORES:</b>	Teléfono: +593981043027	E-mail: <a href="mailto:adrian92amador@hotmail.com">adrian92amador@hotmail.com</a>
<b>CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN (COORDINADOR DEL PROCESO UTE)::</b>	<b>Nombre: Clara Glas Cevallos</b>	
	Teléfono: +593-4 -2206956	
	E-mail: <a href="mailto:clara.glas@cu.ucsg.edu.ec">clara.glas@cu.ucsg.edu.ec</a>	

#### **SECCIÓN PARA USO DE BIBLIOTECA**

<b>Nº. DE REGISTRO (en base a datos):</b>	
<b>Nº. DE CLASIFICACIÓN:</b>	
<b>DIRECCIÓN URL (tesis en la web):</b>	