

UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

**FACULTAD DE INGENIERÍA  
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

**TEMA:**

Evaluación de niveles de benceno en el centro urbano de la ciudad de Guayaquil, para formular recomendaciones sobre el control de este contaminante, por parte de las autoridades ambientales competentes.

**AUTOR**

Pontón Hidalgo, Leslie Joselyn

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

**TUTOR:**

Ing. Vásconez Gavilanes, José Ernesto. M.Sc.

**Guayaquil, Ecuador**

**21 de marzo 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 Pontón Hidalgo, Leslie Joselyn, como requerimiento para la obtención del título de Ingeniera Civil.

### **TUTOR**

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

**Ing. Vásconez Gavilanes, José Ernesto. M.Sc.**

### **DIRECTOR DE LA CARRERA**

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

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

**Guayaquil, a los 21 días del mes de marzo del año 2019**



UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

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

## **DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD**

Yo, **Pontón Hidalgo, Leslie Joselyn**

### **DECLARO QUE:**

El Trabajo de Titulación, **Evaluación de niveles de benceno en el centro urbano 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 21 días del mes de marzo del año 2019**

**LA AUTORA**

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

**Pontón Hidalgo, Leslie Joselyn**



UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

**FACULTAD DE INGENIERÍA  
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

## **AUTORIZACIÓN**

Yo, **Pontón Hidalgo, Leslie Joselyn**

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 en el centro urbano 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 21 días del mes de marzo del año 2019**

**LA AUTORA:**

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

**Pontón Hidalgo, Leslie Joselyn**

# REPORTE DE URKUND



## Urkund Analysis Result

**Analysed Document:** TRABAJO DE TITULO - LESLIE PONTON.pdf (D48467992)  
**Submitted:** 3/1/2019 1:22:00 AM  
**Submitted By:** claglas@hotmail.com  
**Significance:** 8 %

### Sources included in the report:

DESARROLLO DE TESIS I-V CAP. 24.04.2017 copia ep.docx (D27655664)  
Tesis - Impresión.docx.pdf (D29639091)  
Determinación de BTEX en aire ambiente del DMQ - Camila Altamirano.pdf (D29517647)  
Determinación de la concentración de NOx a la que se encuentran expuestas las personas que frecuentan el sector de la Terminal Terrestre - Latacunga.docx (D48398745)  
<https://es.wikipedia.org/wiki/Benceno>  
<http://www.klepel.ch/2010/web/klepel/muespas.php>  
<https://www.murciasalud.es/pagina.php?id=180251&idsec=1573>  
<https://www.phsserkonten.com/sanidad-ambiental/contaminacion->

### Instances where selected sources appear:

30

## AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por permitirme culminar una de mis metas, a mis padres que siempre estuvieron para apoyarme en todo lo que necesitaba, por todos los consejos que me dieron y por todo el esfuerzo que hicieron por darme una mejor educación porque siempre estuvieron pendientes y preocupados por mí, motivándome cada día para seguir adelante. A mis hermanos que también siempre estuvieron apoyándome incondicionalmente y estar siempre pendientes de mí.

A mi tutor el Ingeniero José Vásquez por brindarme sus conocimientos y apoyo para poder desarrollar esta tesis.

*Leslie Pontón Hidalgo*

## DEDICATORIA

Este trabajo de titulación va dedicado a Dios por brindarme salud y dejarme cumplir mis objetivos, a mis padres por todo el esfuerzo brindado y ser siempre mi apoyo durante el proceso de mi carrera, a mis hermanos por estar siempre dispuestos a ayudarme y deseándome cada día lo mejor para mí.

*Leslie Pontón Hidalgo*



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE INGENIERÍA  
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

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

**Ing. Vásconez Gavilanes, José Ernesto. M.Sc.**

TUTOR

**TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN**

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

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

DIRECTORA DE CARRERA

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

**Ing. Gilberto Martínez Rehpani, M.Sc.**

COORDINADOR DEL ÁREA

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

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

OPONENTE

# ÍNDICE

1	CAPÍTULO I – INTRODUCCIÓN .....	2
1.1.	Antecedentes.....	3
1.2.	Justificación .....	4
1.3.	Objetivos.....	4
1.3.1.	Objetivo General .....	4
1.3.2.	Objetivos Específicos .....	4
1.4	Alcance .....	5
1.5	Metodología .....	5
2	CAPÍTULO II - MARCO TEÓRICO .....	6
2.1.	Historia del benceno .....	6
2.1.1.	Propiedades Físicas del benceno .....	7
2.1.2.	Propiedades Químicas del benceno .....	8
2.2.	Producción del benceno.....	12
2.3.	Derivados del benceno .....	13
2.4.	Nomenclatura de los derivados de benceno .....	14
2.5.	Efectos sobre la salud humana del benceno .....	15
2.6	Estudios de contaminación por BTX en otras ciudades del mundo. ...	19
2.7.	Métodos de análisis de concentración de benceno en el ambiente ...	20
2.7.1.	Métodos pasivos de medición .....	21
2.8.	Causas de la contaminación atmosférica y los contaminantes atmosféricos más importantes .....	27
2.9	Normativa para la Gasolina como combustible.....	31
2.10	Calidad ambiental .....	32
2.11	Contaminación ambiental.....	33
2.12	Legislación vigente referida Normativa (Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente).....	34
2.12.1.	Normas generales referente al benceno (C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> ).....	36
2.12.2.	Métodos de medición de los contaminantes .....	36
3	CAPITULO III – MARCO METODOLÓGICO .....	38
3.1.	Selección de ubicación de los puntos de muestreo .....	38
3.1.1.	Parada de Metrovía, calle Alcedo 556 y Pedro Moncayo.....	39
3.1.2.	Parada de Metrovía Caja del Seguro IESS, calle Olmedo y Francisco Lavayen Larrabeitia.....	40
3.1.3.	Malecón 2000, calle Simón Bolívar y Av. 9 de Octubre. ....	40
3.1.4.	Av. 9 De Octubre y Rumichaca.....	41

3.2. Método NIOSH.....	41
3.2.1 Método NIOSH 1501.....	42
3.3 Equipos utilizados.....	44
3.3.1 Bomba de muestreo.....	44
3.3.2 Tubos de muestreo.....	45
3.3.3. Método de muestreo.....	46
3.4 Toma de muestra.....	46
3.4.1 Preparación de la muestra.....	47
3.4.2 Calibración y Control de calidad.....	47
3.4.3 Medición.....	48
3.5 Cálculos.....	48
4 CAPÍTULO IX – RESULTADOS.....	49
4.1 Presentación de resultados.....	49
5 CAPÍTULO V – CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	53
5.1 Conclusiones.....	53
5.2 Recomendaciones.....	54
BIBLIOGRAFÍA.....	55
ANEXOS.....	59

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1 Oxidación.....	8
Ilustración 2 Hidrogenación. ....	9
Ilustración 3 Halogenación.....	9
Ilustración 4 Reacción Electrofílica. ....	10
Ilustración 5 Halogenación.....	10
Ilustración 6 Nitración. ....	11
Ilustración 7 Sulfonación.....	11
Ilustración 8. Alquilación y acilación.....	12
Ilustración 9. Derivados del benceno. ....	13
Ilustración 10. Configuración general de un muestreador pasivo. ....	22
Ilustración 11 Esquema de un cromatógrafo de gases.....	26
Ilustración 12. Monitor automático. ....	27
Ilustración 13. Fuentes, tipos de contaminantes, procesos y efectos generales en contaminación atmosférica.....	28
Ilustración 14. Ubicación de los puntos medidos.....	39
Ilustración 15. Calle Alcedo y Pedro Moncayo.....	39
Ilustración 16. Calle Olmedo y Francisco Lavayen Larrabeitia. ....	40
Ilustración 17. Calle Simón Bolívar y Av. 9 de Octubre.....	40
Ilustración 18. Av. 9 de Octubre y Rumichaca.....	41
Ilustración 19. Bomba de muestreo portátil.....	45
Ilustración 20. Tubo de carbón activado de cáscara de coco. ....	46
Ilustración 21 Mapa de Niveles de Benceno.....	52

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Efectos del benceno en la salud. ....	17
Tabla 2. Concentración de benceno en el aire para diferentes ciudades del mundo.....	19
Tabla 3. Ventajas e inconvenientes de Métodos de análisis de concentración de benceno. ....	20
Tabla 4. Requisitos de la gasolina de 87 octanos (EXTRA) .....	31
Tabla 5. Requisitos de la gasolina de 92 octanos (SUPER) .....	32
Tabla 6. Niveles de Benceno en la gasolina .....	32
Tabla 7. Límite permisible del benceno en el aire.....	36
Tabla 8. Métodos de medición de concentraciones de benceno .....	37
Tabla 9. Ubicación de los puntos en el centro urbano de Guayaquil. ....	38
Tabla 10. Método NIOSH 1501 Características generales .....	43
Tabla 11. Resultados de las mediciones de benceno.....	50
Tabla 12. Condiciones ambientales .....	51

## RESUMEN

La presente investigación aborda la evaluación de niveles de benceno en el centro urbano de Guayaquil para comprobar si se encuentra presente en la atmósfera ya que se produce debido a las emisiones provocadas por la actividad humana. De acuerdo a la Norma de Calidad del Aire Ambiente Ecuatoriana, una exposición prolongada de benceno puede causar graves efectos sobre la salud humana, debido a que afecta al sistema nervioso central y a la normal producción de células sanguíneas, deteriora el sistema inmunitario y daña el material genético celular originando la leucemia, además envenena los huesos, produce anemia y reduce las células blancas de la sangre, incrementando de esta manera el riesgo de cáncer.

Para la ubicación de los puntos de monitoreo se escogieron áreas estratégicas, tomando en consideración el tráfico urbano que constituye la mayor fuente debido a que no existe tecnología limpia y los carros no tienen catalizadores debido a que el parque automotor es de años pasados.

El método utilizado que está expresado en este trabajo está circunscrita a la excelente gestión de recolección de datos y análisis de laboratorio, las cuales materializan resultados con la ayuda de modelos matemáticos y equipos tecnológicos necesarios para el desarrollo de esta investigación científica.

Los resultados obtenidos podrán servir de información para que la autoridad ambiental competente a nivel local tome decisiones para seguir monitoreando los niveles de este importante parámetro de calidad del aire en la ciudad de Guayaquil.

## PALABRAS CLAVES

***Ingeniería Ambiental; Benceno; T.U.L.S.M.A.; SAE; Sustitución Aromática; COV***

## **ABSTRACT**

The present investigation deals with the evaluation of benzene levels in the urban center of Guayaquil to check if it is

present in the atmosphere since it occurs due to emissions caused by human activity. According to the Ecuadorian Air Quality Standard, a prolonged exposure to benzene can cause serious effects on human health, because it affects the central nervous system and the normal production of blood cells, deteriorates the immune system and damages the material genetic cell originating leukemia, also poisons bones, causes anemia and reduces white blood cells, thereby increasing the risk of cancer.

For the location of the monitoring points, strategic areas were chosen, taking into account the urban traffic that constitutes the largest source because there is no clean technology and the cars do not have catalytic converters because the vehicle fleet is from past years.

The method used that is expressed in this work is circumscribed to the excellent management of data collection and laboratory analysis, which materialize results with the help of mathematical models and technological equipment necessary for the development of this scientific research.

The results obtained may serve as information for the competent environmental authority at the local level to make decisions to continue monitoring the levels of this important parameter of air quality in the city of Guayaquil.

## **WORD KEYS**

**Environmental engineering; Benzene; T.U.L.S.M.A.; SAE; Aromatic Substitution; VOC**

# 1 CAPÍTULO I – INTRODUCCIÓN

En el centro urbano de Guayaquil contamos con pocas redes que se encarguen de monitorear permanentemente el deterioro de la calidad del aire debido a que, al transcurrir los años las concentraciones de sustancias químicas y tóxicas han ido en aumento y las escasas investigaciones de hidrocarburos aromáticos como el benceno nos causan efectos negativos, de manera que han afectado nuestra calidad de vida y nuestra salud directamente.

En la presente tesis, se ha realizado evaluaciones sobre los niveles de benceno en el área urbana de Guayaquil, al darse a conocer que es un causante tóxico cuando el ser humano se expone diariamente a periodos prolongados y se pone a consideración que un porcentaje de la población ha rebasado los índices biológicos de exposición ante el consumo elevado por la fabricación de artículos y sustancias químicas que están compuestos de benceno.

El benceno tiene una variada amplitud de usos industriales, por lo que se encuentra en diversas fuentes de emisión, generalmente en el ambiente, a través de las emisiones industriales o vehiculares, o también en industrias petroleras y estaciones de gas y gasolina, siendo una de las fuentes principales de emisión de benceno la industria petroquímica por lo que se considera importante y muy necesario emprender en estudios que evalúen si existen riesgos hematológicos en personas que residen en sectores con actividades petroquímicas. (Dirección de Medio Ambiente del Municipio de Quito, 2000)

La exposición al benceno se ha relacionado a importantes problemas de salud, resultando cancerígeno en los seres humanos y enfermedades como las leucemias mieloides se asocian directamente a su desarrollo cuando las personas se han expuesto ocupacionalmente, pero ciertas investigaciones han informado que el riesgo de leucemia por exponerse al benceno en niveles ambientales bajos también es certero y que exponerse prolongadamente al benceno deprime la médula ósea provocando leucopenia. Por lo tanto, ante

estos daños en nuestra salud, se debería evitar el uso de benceno. (Centro Canadiense de Salud y Seguridad Ocupacional, 2006)

### **1.1. Antecedentes**

En el Acuerdo Ministerial 097 A que reformó el Texto Unificado de Legislación Secundaria Medioambiental (TULSMA), en el artículo Normas Generales para concentración de contaminantes criterio en el aire ambiente, se establece la concentración máxima de benceno.

La ciudad de Guayaquil cuenta con pocas investigaciones sobre las concentraciones de benceno en el aire en su centro urbano, ni se ha incluido en programas de desarrollo urbano debido a que no existe una red de monitoreo permanente, de manera que no es posible establecer tendencias, sin embargo se ha cuantificado la concentración de benceno presente en las emisiones gaseosas de automóviles que utilizan tanto gasolina extra como gasolina súper y que circulan dentro de la zona urbana de Guayaquil.

El benceno en la química es un compuesto de gran importancia y adaptable, ya que surgen algunos compuestos derivados del mismo y es un disolvente para el fósforo, ceras, yodo, azufre, gomas, etc. Gracias a su variedad de aplicaciones y usos, este compuesto está incluido en los llamados compuestos aromáticos, siendo así una sustancia química de mayor volumen de producción en las emisiones de los derivados de hidrocarburos de petróleo. Existen industrias que hacen uso del benceno para realizar sustancias químicas usadas para fabricar plásticos, resinas, nylon y otras fibras sintéticas. Se lo utiliza también para la fabricación de ciertos tipos de caucho, detergentes, medicamentos, lubricantes, tinturas y plaguicidas. (Vandal, 2007)

Debido al alto número de automotores que circulan por el centro de Guayaquil, se consideró representativo seleccionar esta zona para realizar la investigación de la concentración de benceno en el aire, para una vez obtenido los resultados del laboratorio comparar con el límite máximo

permisible establecido por las normas ambientales vigentes y establecer conclusiones respecto a la investigación efectuada.

## **1.2. Justificación**

La presente revisión permitirá enfocar la premisa de evaluar los niveles de benceno en el centro urbano de Guayaquil, esta investigación es importante debido a la toxicidad que tiene el benceno cuando se encuentra en la atmósfera y afecta como ya se indicó anteriormente la salud de las personas.

Las personas se exponen al benceno principalmente al respirar aire que lo contenga y puede ser absorbido a través de la piel durante el contacto con una fuente como la gasolina, pero al ser líquido se evapora rápidamente. El Benceno es fundamental para la fabricación de todo tipo de artículos que utilizamos en la vida diaria como pinturas, combustibles para automotores, pinturas, detergentes, y a pesar de su importancia, es una sustancia tóxica que representa grandes riesgos para la salud de la población guayaquileña debido a que es un producto tóxico e inflamable.

Una leve exposición a niveles elevados puede causar la muerte.

## **1.3. Objetivos**

### **1.3.1. Objetivo General**

Evaluar la calidad del aire con respecto al benceno en el centro de la ciudad de Guayaquil, determinar los niveles referentes a las normas vigentes y recomendaciones para el control de este contaminante del aire. Para así, esperar que las autoridades responsables tomen medidas, las cuales permitirán otorgar un nivel más inofensivo de sus concentraciones.

### **1.3.2. Objetivos Específicos**

- Realizar mediciones de las concentraciones de bencenos en el aire del centro de la ciudad de Guayaquil.

- Evaluar los datos obtenidos y determinar sus niveles de concentración respecto a las normas ambientales vigentes.
- Formular recomendaciones para disminuir las concentraciones y efectos del benceno como contaminante del aire.

#### **1.4 Alcance**

Dar a conocer los niveles de concentraciones de benceno que existen en el centro urbano de Guayaquil debido al benceno en el aire se origina en la combustión vehicular, del humo del tabaco, emisiones desde gasolineras y emisiones industriales.

El alcance de la investigación de las concentraciones de benceno abarca un área representativa del centro urbano de la ciudad de Guayaquil y se hará durante un período de una hora por punto de muestreo, en días laborables para determinar los niveles de benceno que se encuentra en el aire.

#### **1.5 Metodología**

En primer término, se efectuó una revisión bibliográfica sobre las características químicas del benceno y sus características como contaminante en el aire.

A continuación, se procedió a la selección de la ubicación de los puntos de monitoreo para cuatro estaciones ubicadas en el centro urbano de la ciudad de Guayaquil.

Realización de las mediciones mediante la participación de un laboratorio acreditado por el SAE.

Recopilar y analizar los resultados obtenidos de las pruebas de benceno en las cuatro estaciones de monitoreo previamente seleccionadas y establecer si estos cumplen con los límites máximos permisibles establecidos en el TULSMA.

Finalmente se formularon conclusiones y recomendaciones sobre la base de los resultados obtenidos.

## 2 CAPÍTULO II - MARCO TEÓRICO

### 2.1. Historia del benceno

En 1825 el científico inglés Michael Faraday descubrió el benceno, como uno de los componentes de un aceite que recolectó de las tuberías del gas del alumbrado. Su estructura molecular fue descubierta en 1865 por el científico alemán Friederich Kekulé. En aquellos tiempos ya se conocía que el benceno estaba compuesto por seis átomos de carbono y seis átomos de hidrógeno ( $C_6H_6$ ), pero no se contaba con una idea clara sobre su estructura. (Tobares, 2003)

En 1845, Hoffmann encontró benceno en el alquitrán de hulla, que sigue siendo aún la fuente principal del benceno y sus derivados. Posteriormente se descubrió tiene un comportamiento del cual se derivan una gran cantidad de compuestos, que habían sido aislados en la naturaleza o había sido preparados en el laboratorio, con los famosos colorantes de alquitrán. Aproximadamente unos 7,6 litros de benceno se obtienen de una tonelada de carbón transformada en coque en un horno. Actualmente el benceno es obtenido del petróleo, ya sea extrayéndolo directamente de ciertos tipos de petróleo en crudo o por tratamiento químico del mismo. (González, 2006)

Dentro de la química orgánica la estructura de la molécula de benceno es sumamente importante. El benceno procede en gran parte de fuentes de tipo natural. Del proceso de combustión incompleta y por evaporación de determinados combustibles se origina el benceno. Así también, el benceno presente en la atmósfera es debido a las emisiones provocadas por la actividad humana en las poblaciones. (Baldeón, 2006)

El tráfico urbano es la fuente más común de benceno, entre otras como la evaporación de gasolinas y gasóleos durante las operaciones de llenado de combustible, la producción de diferentes compuestos químicos, las emisiones procedentes de la combustión incompleta del carbón y de productos derivados del petróleo, y la manufactura de pinturas o su utilización por cualquier tipo de industria. También se han detectado emisiones de este compuesto en vertederos de residuos sólidos de media y alta densidad. (Baldeón, 2006)

De los denominados Compuestos Orgánicos Volátiles forma parte el benceno, como son los compuestos químicos de estructuras diversas, formados principalmente por carbono e hidrógeno, y en menor proporción por otros elementos químicos como el oxígeno, el nitrógeno o el azufre, que, dado a su baja presión de vapor, generan concentraciones importantes en el aire. (Ministerio de Medio Ambiente de España, 2007)

### **2.1.1. Propiedades Físicas del benceno**

Alcántara, (1992) señala las siguientes propiedades físicas del benceno:

- Fórmula química:  $C_6H_6$
- Masa molecular: 78,1 g/mol
- Punto de ebullición: 80° C
- Punto de fusión: 6° C
- Densidad relativa del líquido (agua = 1g/ml): 0.88
- Solubilidad en agua (g/100 ml a 25° C): 0.18
- Presión de vapor (kPa a 20° C): 10
- Densidad relativa de vapor (aire = 1g/ml): 2.7
- Densidad relativa de la mezcla vapor/aire a 20°C (aire = 1g/ml): 1.2
- Punto de inflamación: -11° C.
- Temperatura de autoignición: 498° C.

El benceno es tóxico, y si se respira sus vapores en período prolongados resulta muy peligroso para la salud humana.

Es insoluble en agua, pero muy soluble en disolventes orgánicos como etanol, éter, disulfuro de carbono, ciclohexano, etc.

Es un buen disolvente orgánico, disuelve el hule natural, las grasas, numerosas resinas, el azufre, el fósforo, el yodo, la cera, el caucho, el alcanfor, etc. (p.56).

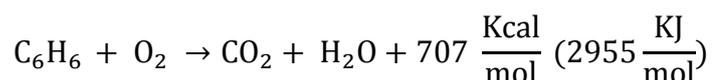
### 2.1.2. Propiedades Químicas del benceno

Una gran estabilidad química posee el benceno y sus homólogos (compuestos aromáticos), reaccionando a condiciones especiales y con el empleo de catalizadores apropiados. Clasificándose en dos grupos sus reacciones:

- Reacciones con destrucción de carácter aromático
- Reacciones de sustitución electrofílica (Arteaga, 2010)

#### Reacciones con destrucción de carácter aromático

**Combustión:** Muy grande es el calor de combustión y de un ardor suave, por lo tanto, su poder indetonante (antidetonante) es considerable como la de sus homólogos, lo que da una explicación de la práctica de la aromatización en la industria de los carburantes para lograr un mayor octanaje. (Arteaga, 2010)



**Oxidación:** A unos 400°C de temperatura y empleando un catalizador ( $\text{V}_2\text{O}_5$  ó  $\text{MoO}_3$ ), el anhídrido maleico que se logra de la oxidación directa, se usa en la fabricación de resinas sintéticas. (Arteaga, 2010)

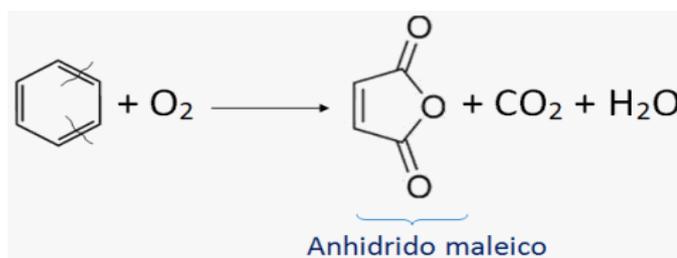


Ilustración 1 Oxidación.

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

**Hidrogenación:** Favorece la formación del ciclohexano, para lo que se requiere catalizadores muy activos (Ni, Pt ó MoS) y temperatura relativamente alta (80°C). (Arteaga, 2010)

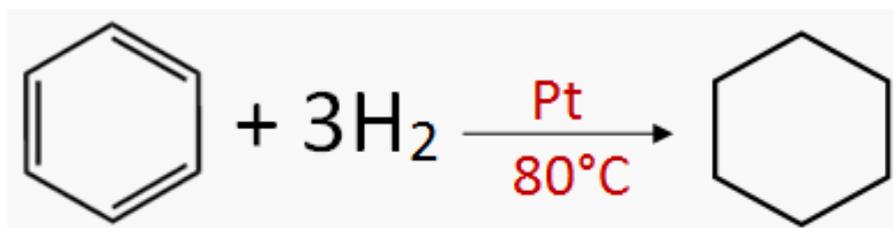


Ilustración 2 Hidrogenación.

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

**Halogenación:** Sólo reacciona con  $\text{Cl}_2$  ó  $\text{Br}_2$  catalizada por radiación ultravioleta y a  $78^\circ\text{C}$ . (Arteaga, 2010)

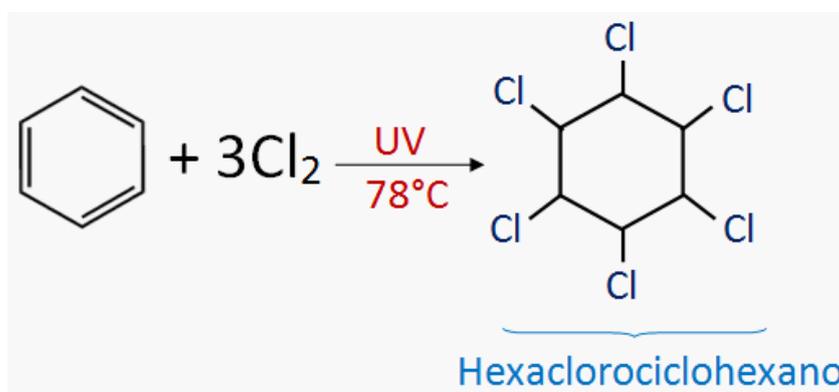


Ilustración 3 Halogenación.

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

### Reacciones de sustitución aromática electrofílica

Dentro de la síntesis orgánica son las reacciones más importantes por la gran variedad de productos que se producen:

Como fuente electrónica sirve el anillo bencénico, para los reactivos electrofílicos (sustancias deficientes en electrones), a causa que los electrones  $\pi$  se hallan prácticamente sueltos.

De la siguiente manera se puede representar el proceso neto:

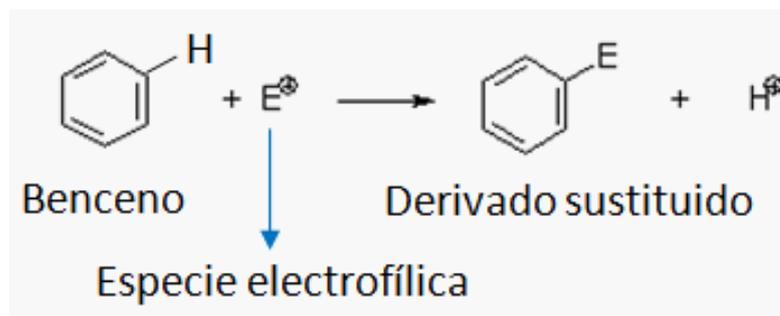


Ilustración 4 Reacción Electrofílica.

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

Las principales reacciones del benceno son:

**Halogenación:** La cloración y la bromación directa solo es posible en presencia de un catalizador que debe ser un ácido de Lewis ( $\text{FeCl}_3$ ,  $\text{AlCl}_3$ ,  $\text{FeBr}_3$ ). (Arteaga, 2010)

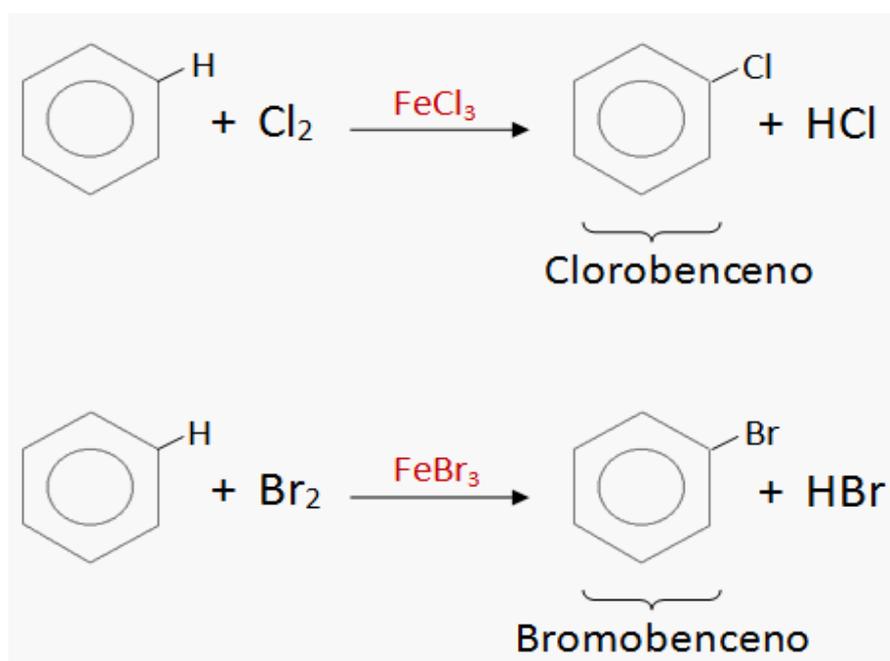


Ilustración 5 Halogenación.

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

**Nitración:** Es la reacción del benceno con ácido nítrico ( $\text{HNO}_3$ ) concentrado. Se usa como catalizador el ácido sulfúrico concentrado ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ). (Arteaga, 2010)

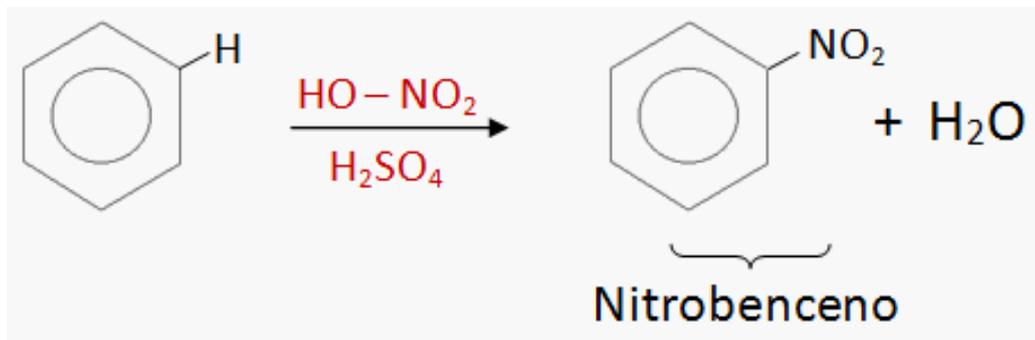


Ilustración 6 Nitración.

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

**Sulfonación:** Es la reacción con el ácido sulfúrico concentrado. Esta reacción es lenta, pero con el ácido sulfúrico fumante ( $\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{SO}_3$ ) se vuelve más rápida. (Arteaga, 2010)

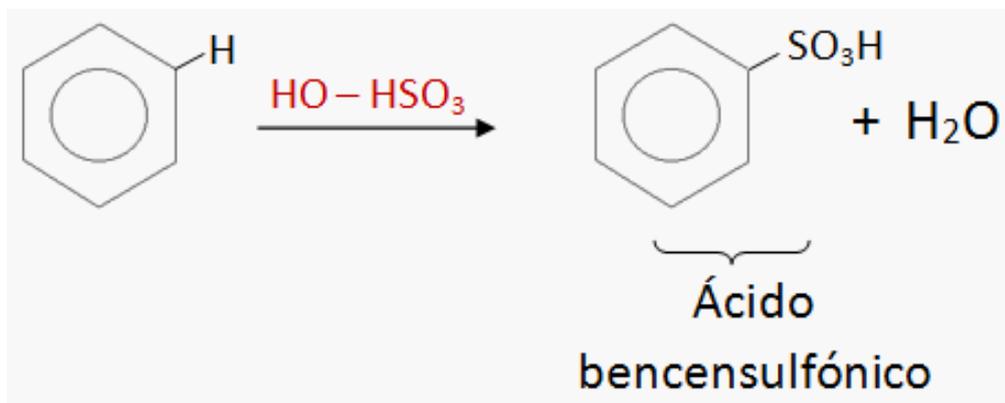


Ilustración 7 Sulfonación.

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

**Alquilación y acilación de Friedel-Crafts:** Charles Friedel (francés) y James Crafts (norteamericano), en 1877, descubrieron nuevos métodos para obtener alquilbencenos o arenos ( $\text{R-Ar}$ ) y acilbencenos o cetonas aromáticas ( $\text{Ar-CO-R}$ ).

La alquilación consiste en la reacción del benceno con un halogenuro de alquilo ( $\text{R-X}$ ). (Vallejo, 2013)

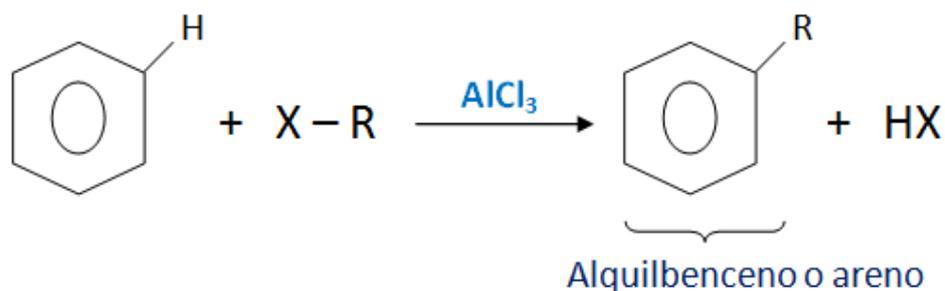


Ilustración 8. Alquilación y acilación.

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

## 2.2. Producción del benceno

Actualmente, de las fuentes de carbón y petróleo se obtiene el benceno. A nivel mundial el benceno producido se deriva de las industrias petroquímicas y de refinación de petróleo. Incluyendo corrientes de refinerías (reformado catalítico), pirolisis de gasolina e hidrodealquilación de tolueno; siendo, el reformado catalítico su mayor fuente de producción. Durante este proceso, las cicloparfinas (también conocidas como “naftenos”) como el ciclohexano, metil ciclohexano y el dimetil ciclohexano se convierten a Benceno mediante isomerización, deshidrogenación y desalquilación y las parafinas se convierten a Benceno por ciclodeshidrogenación. (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales , 2018)

El tipo de reacción que predomine depende de las condiciones del proceso y el catalizador. De estas corrientes, el benceno se recupera a través de la extracción con un solvente (tetra etilen glicol).

A partir de la gasolina se puede obtener benceno, para lo que se emplea un tipo de gasolina subproducto obtenido del craqueo de parafinas o hidrocarburos pesados. Contiene hidrocarburos alifáticos insaturados (como etileno y propileno) y aromáticos la gasolina de pirolisis. Están a disposición muchos procesos de tratamiento de gasolina de pirolisis, abarcando una variedad de procesos de tratamiento de gasolina de pirolisis, abarcando la hidrogenación parcial y la destilación extractiva; hidrogenación, hidrodeshidrosulfurización y extracción con un solvente; o hidrogenación parcial, desulfurización, hidrocraqueo hidrodeshidrosulfurización y destilación para la

optimización del rendimiento del benceno y la recuperación del mismo. (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales , 2018)

En el proceso de hidrodesalquilación, el tolueno o las mezclas tolueno / xileno reaccionan con el hidrógeno produciendo Benceno y metano. En la producción de Benceno, también se usa la transalquilación del tolueno. Se producen pequeñas cantidades de benceno mediante la destilación destructiva del carbón usado en la producción de coque. (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales , 2018)

### 2.3. Derivados del benceno

De acuerdo con el sistema de la Unión Internacional de Química Pura y Aplicada (IUPAC), los derivados del benceno son los hidrocarburos aromáticos. En la figura 9 algunos ejemplos de estos hidrocarburos, algunos son comúnmente denominados por nombres comunes.

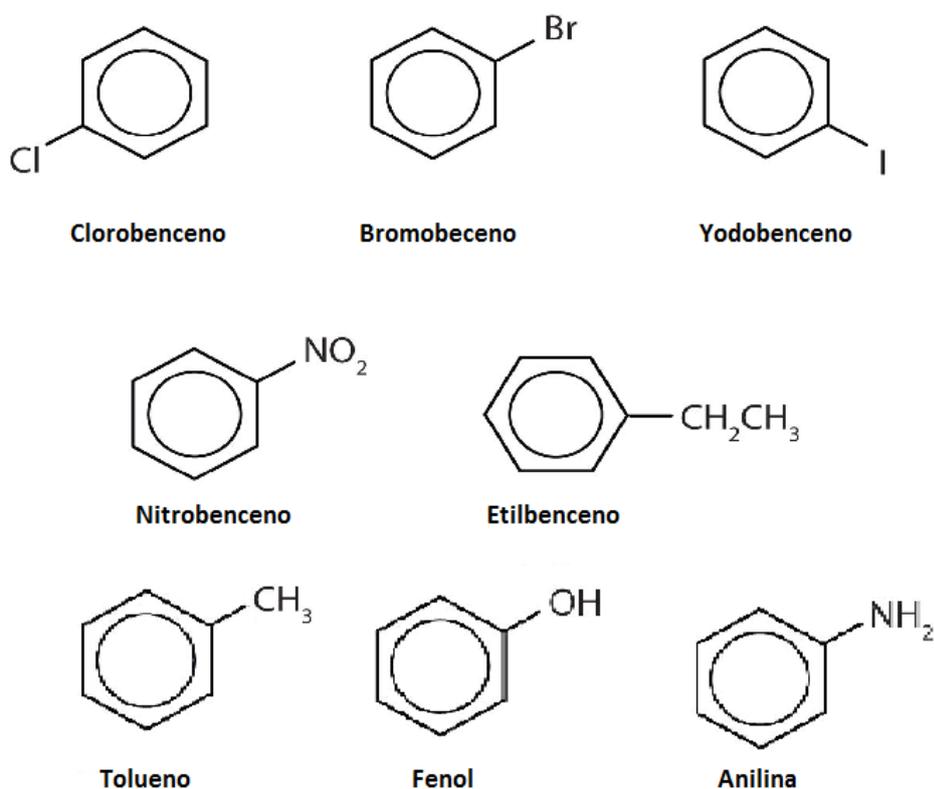


Ilustración 9. Derivados del benceno.

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

Por sus aromas distintivos es que históricamente a las sustancias de tipo benceno se las denominaban hidrocarburos aromáticos. Actualmente, un compuesto es cualquier compuesto formado por un anillo de benceno o posee propiedades tipo benceno (pero no necesariamente un aroma fuerte). (Lam, 2015)

Se descubrió que el benceno es cancerígeno en la década de 1970. No obstante, no implica que todos los compuestos que tienen un anillo de benceno como parte de su estructura sean cancerígenos. Erróneamente, se cree que, si se emplea un compuesto para producir determinado producto químico, los riesgos vinculados con ella siguen permaneciendo igual. De hecho, cuando se provoca reacción en el benceno para obtener diferentes derivados, deja de serlo, y las propiedades químicas de los productos pueden ser a menudo diferentes. (Brunning, 2015)

Que dentro de la estructura de un compuesto se encuentre un anillo de benceno no debe ser causa de preocupación, de hecho, un gran número de compuestos que están dentro de los alimentos que consumimos contienen un anillo de benceno en alguna parte de su estructura. (Brunning, 2015)

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

Como reactivos industriales durante más de 100 años han sido aislados y usados los derivados del benceno y muchos de los nombres están arraigados en las tradiciones históricas de la química.

A continuación, se mencionan compuestos que llevan los nombres históricos comunes y la mayoría de las veces no por los nombres sistémicos de la Unión Internacional de Química Pura y Aplicada (IUPAC).

- Fenol también se conoce como benzenol.
- El tolueno también se conoce como metil benceno.
- La anilina también se conoce como bencenamina.
- El anisol es también conocido como metoxi benceno.

- El nombre IUPAC del estireno es el vinil benceno.
- La acetofenona también se conoce como Metil fenil cetona.
- El nombre IUPAC del benzaldehído es bencenocarbaldehído.
- El ácido benzoico tiene el nombre IUPAC de ácido benceno carboxílico (Lam, 2015).

## **2.5. Efectos sobre la salud humana del benceno**

Son diferentes factores los que establecerán si la exposición al benceno causará efectos adversos en la salud humana, así como el tipo y severidad de los mismos. Estos factores abarcan a la cantidad de benceno a que la persona estuvo expuesta y el tiempo de exposición.

La Consejería de Salud de la Región de Murcia, fruto de investigaciones realizadas establece que:

La exposición breve (5 a 10 minutos) a niveles muy altos en el aire (31.943.000 a 63.886.000  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  [10.000-20.000 ppm]) puede producir la muerte. Niveles más bajos (2.236.000 a 9.583.000  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  [700-3.000 ppm]) pueden producir letargo, mareo, aceleración del latido del corazón, dolor de cabeza, temblores, confusión y pérdida del conocimiento.” En la mayoría de los casos, los efectos desaparecerán cuando la exposición termina y la persona empieza a respirar aire fresco. (Consejería de Sanidad y Consumo de la Región de Murcia, 2007)

También produce alteraciones en la sangre. Cuando se respira benceno por períodos prolongados se puede sufrir daño en los tejidos que producen las células de la sangre, especialmente la médula de los huesos. A causa de estos efectos se puede interrumpir la producción de elementos de la sangre y algunos componentes de la misma se pueden disminuir. (Consejería de Sanidad y Consumo de la Región de Murcia, 2007)

La anemia es una causa de la disminución de los glóbulos rojos. También hemorragias se producen por la reducción de ciertos componentes en la sangre. Cuando finaliza la exposición al benceno la producción de elementos

de la sangre se puede normalizar. (Agency for Toxic Substances and Disease Registry, 1997)

El sistema inmunitario puede ser afectado por una exposición prolongada al benceno, incrementando las posibilidades de contraer infecciones y posiblemente reduciendo las defensas del organismo contra el cáncer. El torrente sanguíneo es el primero en presentar efectos toxicológicos debido a la exposición prolongada al benceno. A concentraciones elevadas de benceno en el cuerpo humano se producen los efectos tóxicos neurológicos y reproductivos. (Agency for Toxic Substances and Disease Registry, 1997)

La leucemia es una consecuencia de la exposición por largos tiempos al benceno. Su exposición se vincula con el desarrollo de un tipo especial de leucemia denominado leucemia mieloide aguda. (Asprilla Blandón & Cordoba Zapata, 2013)

Como un carcinogénico en seres humanos ha sido catalogado el benceno por la Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer (IARC). Las investigaciones arrojan que el benceno es un cancerígeno multiorgánico. Los órganos sexuales pueden ser afectados ante su exposición... Algunas mujeres que inhalaban niveles altos en el trabajo durante meses sufrieron ciclos menstruales irregulares y una disminución del tamaño de los ovarios. (Agency for Toxic Substances and Disease Registry, 1997)

Los efectos en el feto o sobre la fertilidad en hombres son desconocidos. Los estudios en animales preñados han demostrado que inhalar benceno afecta adversamente al feto. El bajo peso de nacimiento, retardo de la formación de los huesos y daño de la médula ósea son efectos de la exposición al benceno. (Gutiérrez, 2014)

A los niños el benceno afecta de igual forma que a los adultos. El benceno puede pasar al feto a través de la sangre de la madre. Se desconoce si los niños son los más susceptibles a la intoxicación con benceno que los adultos. (Gutiérrez, 2014)

“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 depresión de médula ósea expresada como leucopenia, anemia y/o trombocitopenia, y anemia aplásica es provocada por la exposición de benceno crónica. Largamente investigada ha sido la genotoxicidad de benceno. Los datos in vivo indican que es mutagénico. Los estudios demuestran que el benceno es cancerígeno para las personas y no se puede recomendar ningún seguro de exposición. (Agency for Toxic Substances and Disease Registry, 1997)

A continuación, en la tabla 1 de la Consejería de Sanidad y Consumo de la Región de Murcia se pueden ver los efectos del benceno a diferentes concentraciones.

Tabla 1. Efectos del benceno en la salud.

<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 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (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 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (50-150 ppm)	Exposiciones de 5 horas a esta concentración pueden causar dolor de cabeza, desfallecimiento y debilidad.
1.597.000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (500 ppm)	Exposiciones de 60 minutos a esta concentración pueden conducir a síntomas de enfermedad.
2.236.000-9.583.000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (700-3.000 ppm)	Puede causar somnolencia, mareos, taquicardia, dolor de cabeza, temblores, confusión e inconsciencia.
A partir de 9.583.000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (a partir de 3.000 ppm)	Puede provocar envenenamiento agudo, caracterizado por la acción narcótica del benceno en el SNC
23.957.000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (7.500 ppm)	Exposiciones de 30 minutos a esta concentración pueden ser fatales.
31.943.000-63.886.000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (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.

A nivel mundial se encuentran reportes de algunos estudios de medición de BTX, algunos de los cuales comprueban que las operaciones de suministro de combustible para la automoción constituyen la principal fuente de contaminación por benceno en las grandes ciudades. Otros reportan la comparación entre la concentración en espacios interiores (Indoor), la concentración en el ambiente (Outdoor) y la exposición personal. (Hernández, 2013)

En la tabla 2 se indican las diferentes concentraciones de benceno en distintas ciudades del mundo.

Tabla 2. Concentración de benceno en el aire para diferentes ciudades del mundo.

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

Martínez, (2013) establece cinco tipos genéricos entre todas las metodologías para muestreo dentro del monitoreo atmosférico: muestreadores pasivos, muestreadores activos, analizadores automáticos en línea, sensores remotos y bioindicadores.

Según las necesidades de cada caso se define el empleo de una u otra metodología, por ejemplo, para la detección de valores máximos de concentraciones de contaminantes y situaciones de alerta son útiles los analizadores automáticos, con los que se puede implementar medidas de contingencia. En el caso de estudios de largo plazo no es requerido contar con datos de frecuencia menor a la diaria, se hace necesario el desarrollo de otras técnicas complementarias a éstas, que puedan resolver los inconvenientes que se dan en los analizadores en continuo y que además puedan servir como indicativos de los niveles de concentración de contaminantes que se dan en un área determinada.

La tabla 3 muestra la comparación entre los métodos pasivos y activos de medición de calidad del aire.

Tabla 3. Ventajas e inconvenientes de Métodos de análisis de concentración de benceno.

<b>MÉTODO DE MEDIDA</b>	<b>VENTAJAS</b>	<b>INCONVENIENTES</b>
<b>CAPTADORES PASIVOS</b>	Muy bajo costo de adquisición y analítico	No sirven para algunos contaminantes
	Muy sencillo de manipular	Medidas semanales, quincenales o mensuales
	Útiles para estudios de base	Transporte de muestras y análisis en el laboratorio
	Estudio de efectos a largo plazo	Determinan promedio del tiempo de muestreo
	Estudio de amplias zonas de muestreo	Datos con incertidumbre
	Versatilidad del emplazamiento	
	Realización de estudios de base	

	Comprobados científicamente	Complejos técnicamente
	Datos horarios	Costosos en inversión y en mantenimiento
<b>ANALIZADORES AUTÓMATICOS</b>	Datos flexibles	Requieren personal técnico cualificado
	Información en tiempo real	Son equipos pesados
	Determina, máximos, mínimos, y ciclos diarios y situaciones de alerta	Necesitan electricidad
	No hay transporte de muestras	Pocos versátiles en emplazamiento
	Altas prestaciones	

**Fuente:** (Delgado, J. 2004.)

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

Son recomendados para efectuar estudios de base o discriminatorios para evaluar la distribución espacial de los contaminantes y son muy empleados en la identificación de zonas críticas que presentan altas concentraciones de dichos contaminantes. (Hernández, Universidad Nacional de Colombia, 2013)

Generalmente con forma de tubo o disco tienen estos métodos de toma de muestra, recolectan un contaminante específico a través de su absorción en un sustrato químico escogido. Posterior de su exposición durante un período de tiempo apropiado para muestreo, que puede variar de un par de horas hasta un mes, la muestra pasa al laboratorio, donde se procede a la desorción del contaminante y posteriormente se analiza cuantitativamente. (Hernández, Universidad Nacional de Colombia, 2013)

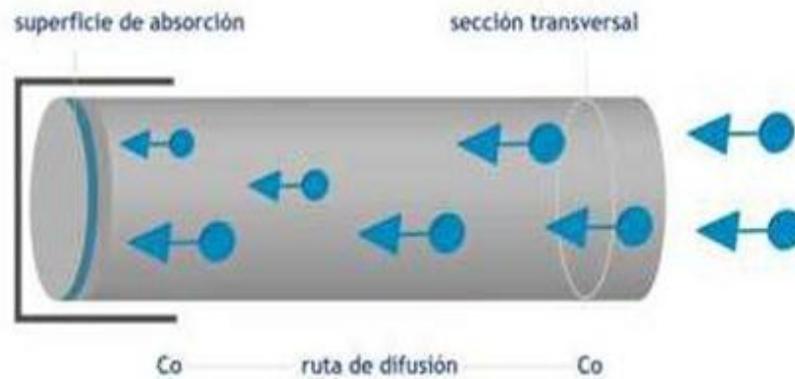


Ilustración 10. Configuración general de un muestreador pasivo.

**Fuente:** (Protocolo para el monitoreo y seguimiento de la calidad del aire, 2008)

Un volumen de aire se encuentra en el difusor pasivo, donde se origina un gradiente de concentraciones de la parte externa del volumen en contacto con el ambiente exterior y con una concentración ambiental, hasta la parte interna, donde está el agente absorbente, y que tiene una concentración nula de dicho contaminante a establecer. Este gradiente de concentraciones generado, es la fuerza que impulsa el contaminante por difusión por medio del captador hasta llegar al absorbente. (Hernández, Universidad Nacional de Colombia, 2013)

Los muestreadores pasivos pueden ser usados:

- En estudios de línea base para la determinación de la concentración de los principales gases contaminantes del aire.
- Su exposición por periodos prolongados da un promedio representativo de la zona en estudio previo al inicio de las actividades evaluadas.
- En Planes de monitoreo de calidad del aire en actividades que no generen episodios o picos de contaminación agudos (de pocas horas) y/o necesitan los resultados en tiempo real, sino que sean fuente de emisión relativamente continua.
- Como complemento a las mediciones continuas, de manera que se pueda reducir el número de estaciones automáticas y se logre evaluar una mayor área.
- En monitoreos para determinar la concentración a la que una población se encuentra expuesta a largo plazo.

- Como herramienta para realizar un mapeo de la contaminación, evaluar la distribución espacial de las concentraciones e identificar “hot spots”.
- Calibración y validación de los modelos de dispersión (Klepel Consultores, 2019).

### **2.7.1.1. Factores claves en los captadores pasivos**

Delgado, (2014) establece los siguientes factores claves en los captadores pasivos:

#### **Elección del absorbente**

De la selección y empleo del absorbente idóneo depende críticamente el funcionamiento del captador pasivo, el cual debe poseer un muestreo a alta eficiencia de absorción para el contaminante que se va a medir. De esta forma, “la presión la presión de vapor residual del contaminante muestreado en la superficie del absorbente será muy pequeña con relación a la concentración del contaminante en el ambiente y la velocidad de captación será próxima a la del estado estacionario” (Delgado, 2014, p.89). De ser el caso que el absorbente sea débil, no será nula la presión de vapor del contaminante, por lo tanto, la diferencia de concentraciones entre el ambiente y el captador, que es la fuerza que impulsa el proceso de difusión, será menor y el flujo de contaminantes se reducirá con el tiempo de muestreo. Otra señal de una mala elección del absorbente es la retrodifusión o difusión inversa. “Esto puede suceder cuando después de un tiempo de muestreo la concentración del contaminante es mayor en la superficie del absorbente que la concentración en el ambiente externo, por lo tanto, la fuerza impulsora de la difusión va en dirección contraria” (Brown, 2012, p.45).

#### **Geometría del captador**

El coeficiente de captación efectivo ( $S$ ) es afectado fuertemente por la geometría del captador, como lo demuestra la siguiente definición:

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

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).

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

Los captadores pasivos pueden ser afectados por factores ambientales como: la velocidad del aire, variaciones bruscas de la concentración de contaminantes y la temperatura. Donde los más importantes son la temperatura y la presión, las cuales afectan directamente el coeficiente de difusión  $D$  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**

En el caso de difusores pasivos ideales, “la dependencia del flujo de contaminante muestreado con respecto a la temperatura y la presión está marcada por el coeficiente de difusión del analito” (Delgado, 2014, p.90). La siguiente expresión expresa la dependencia del coeficiente de difusión:

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

Del orden de 0,2-0,4 % K<sup>-1</sup> es la dependencia del flujo de contaminante  $F$  con la temperatura. 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. En cualquier caso, es necesario conocer la media de temperaturas y presiones a lo largo del periodo de muestreo.

### **Humedad**

La capacidad de absorción de absorbentes puede ser afectada por la humedad, tal como el carbón vegetal. El tiempo de reducción a una

concentración determinada previo a la saturación del absorbente es causado por la humedad normalmente, dado a la aparición de una concentración de analito en la superficie absorbente por presión de vapor que hace que el muestreo pase a ser no lineal. “La condensación en las paredes internas expuestas en los captadores tipo tubos o en las rejillas de corriente producidas por elevadas humedades puede alterar el comportamiento de absorción” (Delgado, 2014, p.90). En condiciones húmedas algunos absorbentes son efectivos, por lo el proceso de absorción puede paralizarse debido a una sequedad excesiva.

### **Variaciones bruscas de la concentración exterior**

Bajo condiciones estacionarias asumen las ecuaciones obtenidas de la Ley de Fick que se efectúa el proceso. No obstante, a lo largo del tiempo varía la concentración de contaminantes en el ambiente. Se plantea la incógnita de que si un captador pasivo proporcionará una buena respuesta integrada o por lo contrario perderá los picos de contaminación antes de que puedan ser atrapados por el absorbente.

“La constante de tiempo del captador pasivo se define como el tiempo que necesita una molécula para difundir a través del captador en condiciones estacionarias. La constante de tiempo,  $\tau$ , para la mayoría de los captadores comerciales está entre 1 y 10 segundos y viene determinada por la expresión” (Delgado, 2014, p.90):

$$T = l/2$$

donde T es la constante de tiempo del captador.

#### **2.7.1.2. Muestreadores activos**

Funcionan con energía eléctrica para bombear agua el aire a ser muestreado por medio de colección físico o químico. Una toma de muestra dinámica (tubo de carbón activado y bomba de succión) sirve para la captación del benceno. Por cromatografía de gases con detector F.I.D. (Detector de Ionización de Flama) o P.I.D. (Detector de fotoionización). (Olguín Perez & Rodríguez Magadán, 2004)

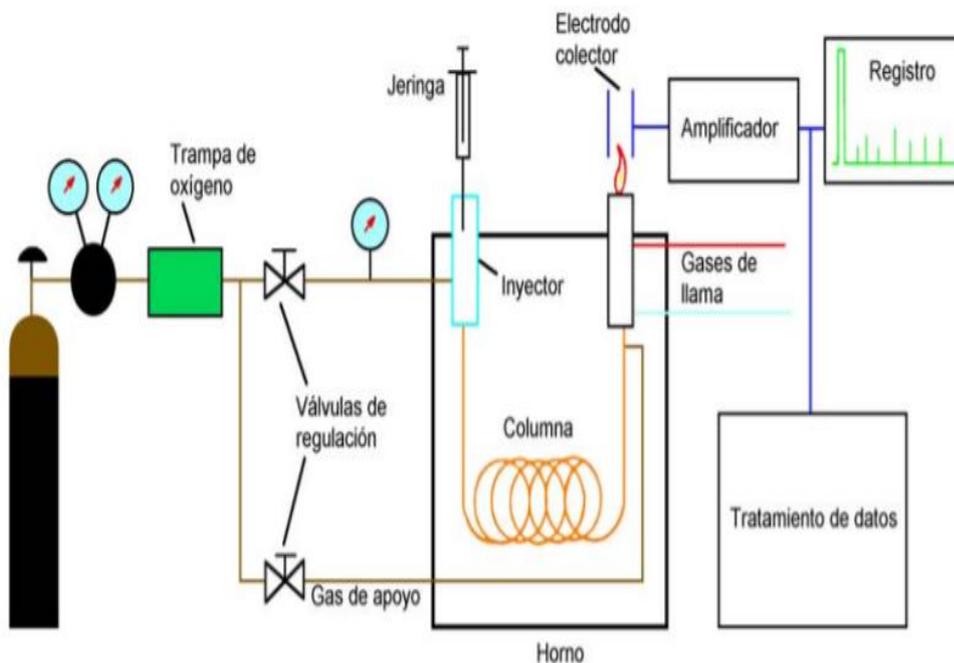


Ilustración 11 Esquema de un cromatógrafo de gases

Fuente: (Castro, Henry 2008).

### 2.7.1.3. Analizadores o monitores automáticos

Esta tecnología de medición se fundamenta en propiedades físicas o químicas del gas que va ser detectado repetidamente, empleando métodos optoelectrónicos. A una cámara de reacción entra el aire muestreado, donde ya sea por una reacción química que genere quimioluminiscencia o luz fluorescente, a través de un detector se mide esta luz, que produce una señal eléctrica proporcional a la concentración del contaminante que se muestrea. (Juárez, 2012)



Ilustración 12. Monitor automático.

**Fuente:** (Protocolo para el monitoreo y seguimiento de la calidad del aire,2008)

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

Uno de los factores principales que determina principalmente la calidad del aire es la distribución geográfica de las fuentes de emisión de contaminantes y las cantidades de éstos emitidas al ambiente.

En la atmósfera, la meteorología y la orografía se producen procesos físicos – químicos que condicionan enormemente los procesos de dispersión y transporte de estos contaminantes. Dentro de esta dinámica atmosférica, la atmósfera recibe emisiones primarias, provenientes, bien desde fuentes naturales, lo que abarca “los fenómenos naturales como erupciones volcánicas, actividades sísmicas, actividades geotérmicas o incendios, fuertes vientos, aerosoles marinos o resuspensión atmosférica o transporte de partículas naturales procedentes de regiones áridas o bien desde fuentes antropogénicas (derivadas de las actividades humanas)” (Ecodes, 2019).

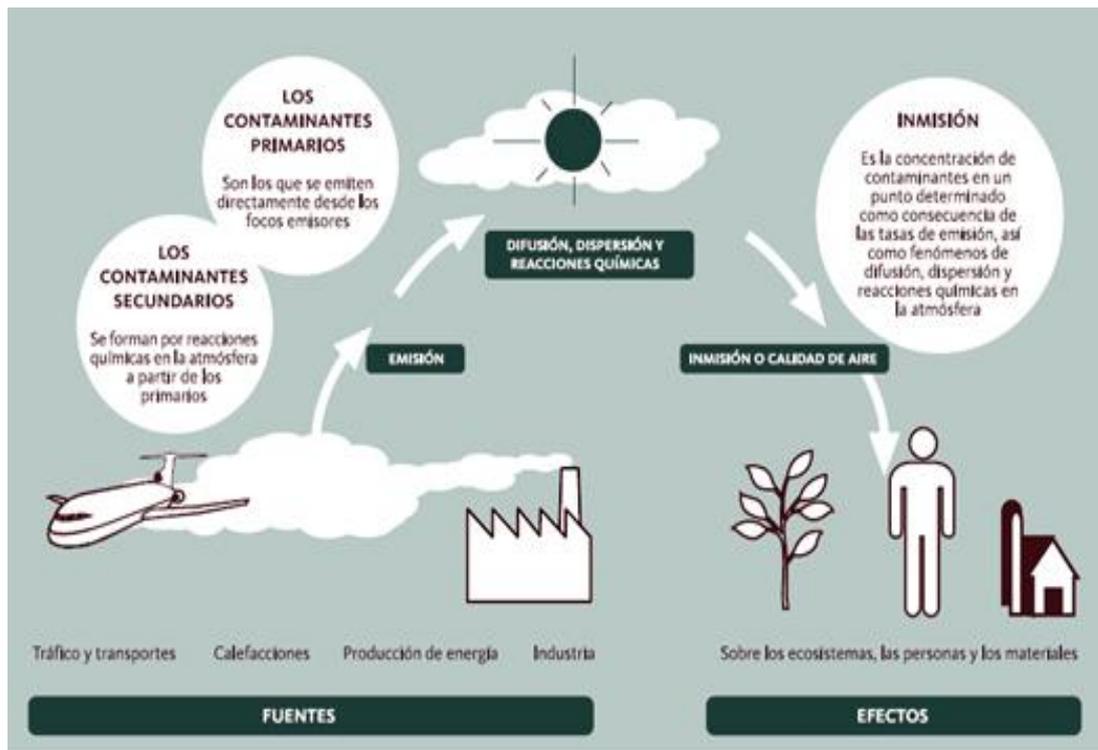


Ilustración 13. Fuentes, tipos de contaminantes, procesos y efectos generales en contaminación atmosférica.

**Fuente:** (Capítulo 1 del Observatorio DKV Salud y Medio Ambiente, 2010)  
"Contaminación Atmosférica y Salud"

Los contaminantes primarios son: óxidos de azufre (SO<sub>x</sub>), óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>), monóxido de carbono (CO), aerosoles, hidrocarburos, halógenos y sus derivados (Cl<sub>2</sub>, HF, HCl, haluros), arsénico y sus derivados, ciertos componentes orgánicos, metales pesados (Pb, Hg, Cu, Zn,...) y partículas minerales (asbesto y amianto) (Ecodes, 2019).

Los **contaminantes secundarios**, son los que se encuentran en la atmósfera y resultan de las reacciones químicas de otros contaminantes como que provienen mayormente de fuentes antropogénicas: ozono (O<sub>3</sub>), sulfatos, nitratos, aldehídos, cetonas, ácidos, peróxido de hidrógeno (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) y radicales libres.

Además de las clases de contaminantes citados, los contaminantes atmosféricos se subdividen en: partículas y gases. Los que se pueden agrupar

en función de sus posibles efectos sobre la salud humana y el medio ambiente.

### **Partículas**

Son los contaminantes atmosféricos más complejos, ya que engloban un amplio espectro de sustancias, tanto sólidas como líquidas, procedentes de diversas fuentes, entre las que destacan las siguientes: polvo (producido por desintegración mecánica), humos (procedentes de combustiones), brumas (por condensación de vapor) y aerosoles (mezcla de partículas sólidas y/o líquidas suspendidas en un gas) (Ecodes, 2019).

Según las fuentes locales varían los elementos que conforman las partículas:

PM10 (partículas gruesas o de diámetro aerodinámico = 10  $\mu\text{m}$ ) suelen contener un importante componente de tipo natural, siendo contaminantes básicamente primarios que se producen por procesos mecánicos o de evaporación:

Minerales locales o transportados, aerosol marino, partículas biológicas (restos vegetales) y partículas primarias derivadas de procesos industriales o del tráfico (asfalto erosionado y restos de neumáticos y frenos generados por abrasión); de entre los pocos contaminantes secundarios que entran a formar parte de su estructura destacan los nitratos (Ecodes, 2019).

PM2.5 (partículas finas o de diámetro aerodinámico = 2,5  $\mu\text{m}$ ) más tóxica es su composición, por su origen antropogénico, “especialmente las emisiones de los vehículos diésel, estando fundamentalmente formadas por partículas secundarias: nitratos y sulfatos (originados por oxidación de NO<sub>x</sub> y SO<sub>x</sub>), aerosoles orgánicos secundarios, como el peroxiacetil nitrato (PAN) y los hidrocarburos policíclicos aromáticos (HPA)” (Ecodes, 2019).

### **Gases**

De manera gaseosa, amplia variedad de sustancias, de naturaleza diversa y con comportamientos y dinámicas químicas muy amplias, constituyen las principales fuentes de gases contaminantes atmosféricos.

Son emitidos de forma natural, además de las actividades humanas. Mientras que unos son emitidos directamente a la atmósfera (contaminantes primarios), como los óxidos de azufre o de carbono, otros son causados por reacciones químicas en la atmósfera, como algunos óxidos de nitrógeno, o la compleja generación del ozono. (Ecodes, 2019).

### **Compuestos de azufre**

Provenientes del azufre de los combustibles fósiles, están por tanto enlazados con la combustión del gasóleo en los vehículos y producción de energía y carbón en las centrales térmicas, en ciertos procesos industriales y con las calefacciones domésticas. Una gran variedad de compuestos de azufre está presente en la atmósfera, pero desde un punto de vista práctico los más importantes son el dióxido de azufre gaseoso, el ácido sulfúrico y los sulfatos. (Servicio Geológico Mexicano, 2017)

### **Compuestos de nitrógeno**

Producidos por la combustión de combustibles fósiles, por lo que es su principal fuente de emisión no natural; empleados en la calefacción y generación de energía. Gran parte de las combustiones generan monóxido de carbono (NO) que, por procesos de oxidación genera dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>). (Servicio Geológico Mexicano, 2017)

### **Óxidos de carbono**

Pertenecen a este grupo de compuestos principalmente el monóxido de carbono (CO) y el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>). Generadas por la combustión incompleta de (CO) y completas (CO<sub>2</sub>). Los humos de los tubos de escapes de los automóviles son la fuente principal del CO. El CO<sub>2</sub> es uno de los principales contaminantes que acentúa el efecto invernadero. (Biblioteca Nacional de Medicina de los E.E.U.U., 2018)

## Compuestos orgánicos volátiles (COV)

Compuestos presentes en la atmósfera que abarcan un amplio espectro de hidrocarburos aromáticos, cetonas, alcoholes, ésteres y algunos compuestos clorados. Por ser una agente causante de cáncer, el benceno ha recibido mucha atención de las autoridades de salud. “El tolueno (C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>CH<sub>3</sub>) es un COV que actúa como importante precursor del ozono. En algunas ocasiones el metano (CH<sub>4</sub>) se mide de forma independiente al resto de los COV y entonces se habla de los compuestos orgánicos volátiles no metánicos (COVNM)” (Ecodes, 2019).

### 2.9 Normativa para la Gasolina como combustible.

En el Ecuador la normativa INEN 935-2016 rige como regulación de los combustibles. De acuerdo con la normativa las gasolinas extra de 87 NOR y súper de 92 NOR deben venderse limpias, exentas de agua y libres de cualquier tipo de materiales en suspensión a simple vista.

El nivel de azufre tanto para la gasolina extra como para la gasolina súper no podrá superar el 0,065% o las 650 partes por millón (ppm). Dentro de la normativa además se establece otro tipo de parámetros como el contenido de benceno en donde el porcentaje máximo es de 1% para la gasolina extra y 2% para la súper, en cuanto aromáticos se acepta un 30% en la gasolina extra y 35% en la súper. (Peñaherrera, 2012)

Tabla 4. **Requisitos de la gasolina de 87 octanos (EXTRA)**

Requisitos	Unidad	Máximo	Método de ensayo
Contenido de benceno	%	1	ASTM 3606 ASTM D5580 ASTM D6277 ASTM D6730

Fuente: (Norma Técnica Ecuatoriana, 2016)

Tabla 5. Requisitos de la gasolina de 92 octanos (SUPER)

Requisitos	Unidad	Máximo	Método de ensayo
Contenido de benceno	%	2	ASTM 3606 ASTM D5580 ASTM D6277 ASTM D6730

Fuente: (Norma Técnica Ecuatoriana, 2016)

Estudios realizados por la Universidad Central de Ecuador para comparar los niveles de benceno que se encuentra en los combustibles del país dieron como resultados los siguientes en la tabla 6.

Tabla 6. Niveles de Benceno en la gasolina

Componente	% volumen	Observaciones
Benceno en gasolina EXTRA	0,8477	CUMPLE
Benceno en gasolina SUPER	0,9684	CUMPLE

Fuente: (Universidad Central del Ecuador, 2012)

## 2.10 Calidad ambiental

Uno de los signos más evidentes que afecta la calidad del ambiente es la contaminación de los diferentes entornos como suelos, agua, aire, etc., que está estrechamente vinculada con los devastadores efectos que impactan en el medio ambiente y que incrementan el impacto del efecto invernadero, el desgaste de ecosistemas y de la calidad ambiental. (Martín, 2007)

La calidad del aire está determinada por una variedad de factores que influyen sobre su estado. La constante actividad industrial que con sus procesos productivos produce emisiones atmosféricas de ciertos contaminantes que hacen necesario el establecimiento de controles para regular el impacto negativo sobre la atmósfera, la salud y el bienestar de la población. (Martín, 2007)

Una serie de características (ambientales, sociales, culturales y económicas) que califican el estado, disponibilidad y acceso a componentes de la naturaleza y la presencia de posibles alteraciones en el ambiente, que estén afectando sus derechos o puedan alterar sus condiciones y los de la población de una determinada zona o región. (Corporación Eléctrica del Ecuador, 2014)

### **2.11 Contaminación ambiental**

Es la presencia de agentes externos de naturaleza física, química o biológica, que tienen un impacto sobre la integridad de la naturaleza, pudiendo ser incluso ser nocivo no solamente para el ambiente, sino también para los seres vivos que habitan en él.

A medida que la contaminación ambiental se asienta en la atmósfera también se va impactando el bienestar de la población de una ciudad o país; llegando a ser en gran parte de los casos a ser perjudiciales no solamente para la especie humana, sino para la vida vegetal y la existencia de las especies de flora.

El proceso de producción de la contaminación ambiental se vincula a la integración de cuerpos que atraen las sustancias sólidas, líquidas y gaseosas, incluso la combinación de todas ellas; modificando las condiciones naturales existentes desde sus orígenes como un ambiente idóneo para la vida.

El dominio que va adquiriendo el hombre sobre la naturaleza; incrementan las posibilidades de empeoramiento de las condiciones ambientales si no se toman acciones a tiempo; pues muchas de las actividades de explotación de recursos naturales y su transformación productiva deterioran las condiciones que conforman el medio ambiente ideal.

El Departamento de Medio Ambiente del Ayuntamiento de Huelva (2019) define a la contaminación ambiental como “la presencia de componentes nocivos (ya sean químicos, físicos o biológicos) en el medio ambiente (entorno natural y artificial), que supongan un perjuicio para los seres vivos que lo habitan, incluyendo a los seres humanos”.

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

Para las mediciones y evaluaciones de los resultados, dado que los espacios son abiertos se tomó como referencia la Norma Ecuatoriana de Calidad de Aire Ambiente del Acuerdo Ministerial 097-A, del 4 de noviembre del 2015, Anexo 4. Medición de Benceno (C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>).

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. (MINISTERIO DEL AMBIENTE DEL ECUADOR, 2012)

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. (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 información que se recabe, como resultado de los programas públicos de medición de concentraciones de contaminantes del aire, serán de carácter público. (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 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. (MINISTERIO DEL AMBIENTE DEL ECUADOR, 2012).

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

Según la el Anexo 4 del Acuerdo Ministerial 097-A y publicado en el Registro Oficial 387 del 4 de noviembre del 2015 los límites máximos permitidos de benceno en el aire son:

Tabla 7. Límite permisible del benceno en el aire.

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

Fuente: (TULSMA, 2015)

\* Deben reportarse en las siguientes condiciones: 25°C de temperatura y 760 mm Hg de presión atmosférica.

### 2.12.2. Métodos de medición de los contaminantes

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 8)

Tabla 8. Métodos de medición de concentraciones de benceno

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 un área representativa del centro urbano de Guayaquil, donde:

Tabla 9. Ubicación de los puntos en el centro urbano de Guayaquil.

<b>Punto Muestreo</b>	<b>Ubicación</b>	<b>Latitud</b>	<b>Longitud</b>
<b>1</b>	Parada de Metrovía, calle Alcedo 556 y Pedro Moncayo	623397.00 m E	9757225.00 m S
<b>2</b>	Parada de Metrovía Caja del Seguro IESS, calle Olmedo y Francisco Lavayen Larrabeitia	623951.00 m E	9757062.00 m S
<b>3</b>	Malecón 2000, calle Simón Bolívar y Av. De 9 de Octubre.	624573.00 m E	9757617.00 m S
<b>4</b>	Av. 9 de Octubre y Rumichaca	623874.00 m E	9757855.00 m S

**Fuente:** (Samuel Pérez, 2018)

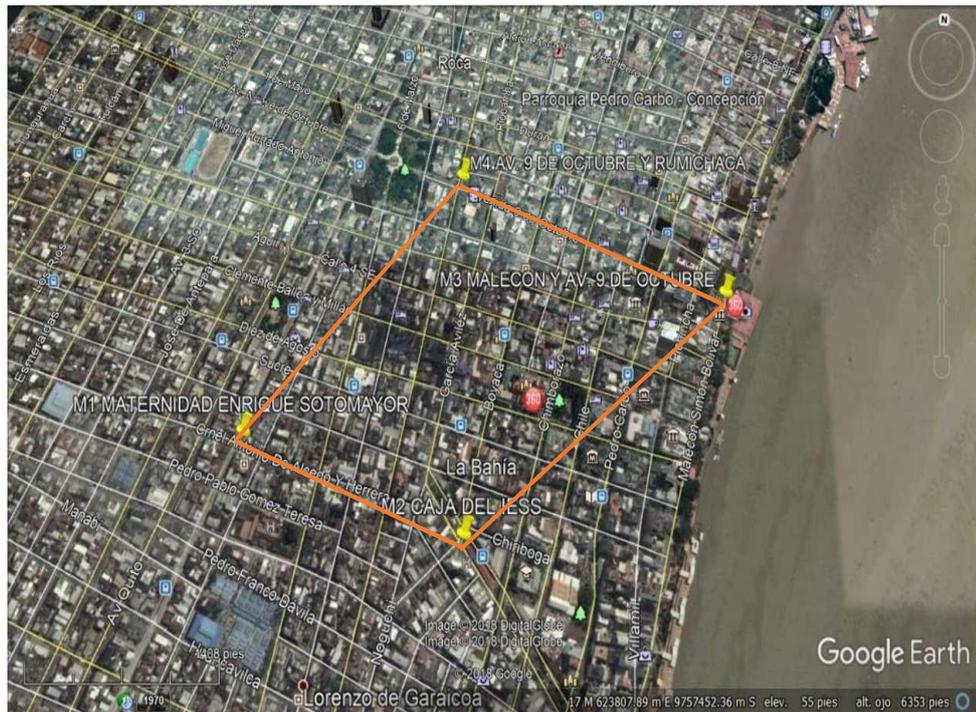


Ilustración 14. Ubicación de los puntos medidos

Fuente: (Google Earth, 2018)

### 3.1.1. Parada de Metrovía, calle Alcedo 556 y Pedro Moncayo.



Ilustración 15. Calle Alcedo y Pedro Moncayo

Fuente: (Elaboración propia, 2019)

**3.1.2. Parada de Metrovía Caja del Seguro IESS, calle Olmedo y Francisco Lavayen Larrabeitia.**



Ilustración 16. Calle Olmedo y Francisco Lavayen Larrabeitia.

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

**3.1.3. Malecón 2000, calle Simón Bolívar y Av. 9 de Octubre.**



Ilustración 17. Calle Simón Bolívar y Av. 9 de Octubre.

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

### 3.1.4. Av. 9 De Octubre y Rumichaca.



Ilustración 18. Av. 9 de Octubre y Rumichaca

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

### 3.2. Método NIOSH

El Método Analítico NIOSH es utilizado para muestras en el aire, en masa que se evalúan tomando en cuenta su capacidad para el monitoreo de la exposición en el lugar donde se toma la muestra. Este método está determinado a generar precisión, especificidad y sensibilidad para los análisis de industrias de higiene y aplicaciones relacionadas. (National Institute for Occupational Safety and Health, 2003)

Para pruebas y análisis de contaminantes del grupo BTX-EB (benceno, tolueno, xileno y etilbenceno) el método NIOSH es recomendable para la determinación en el aire, en la exposición del lugar de trabajo, en la sangre y orina de las personas. Este método se utiliza a nivel mundial para calcular la manifestación de agentes químicos y biológicos en las personas.

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. (National Institute for Occupational Safety and Health, 2003)

### **3.2.1 Método NIOSH 1501**

Este método es utilizado para la determinación de picos, topes y TWA de hidrocarburos aromáticos, el cual incluye el perfil de valoración para los compuestos del grupo BTX-EB (benceno, tolueno, o-xileno, m-xileno, p-xileno y etilbenceno) que se encuentran presentes en el aire debido a su gran sensibilidad, exactitud y precisión para la mezcla de cada agente.

En la determinación de la concentración promedio de un contaminante en el aire existen dos procedimientos, uno colorimétrico y otro método instrumental en el que se especifique la captación del contaminante y posterior análisis de laboratorio, es recomendable emplear el procedimiento instrumental. (National Institute for Occupational Safety and Health, 2003)

- **Métodos de lectura directa**

Este método se realiza por medio de equipos portátiles que ayudan a determinar el nivel de contaminación en un ambiente particular o de trabajo. Este tipo de lectura tiene muchas ventajas porque permite obtener resultados puntuales, por otra parte, son económicos y rápidos, pero su desventaja es que son poco precisos y pueden presentar interferencias y no sería garantizado para la evaluación en el ambiente de trabajo.

Cuando se genera una exposición de los trabajadores a contaminantes químicos del grupo BTX-EB, en su evaluación no es recomendable la utilización de los tubos colorimétricos como método de lectura directa, en especial con el benceno por ser un agente cancerígeno asumido en humanos. (National Institute for Occupational Safety and Health, 2003)

- **Métodos de lectura indirecta**

Los métodos de lectura indirecta permiten conocer la composición química de la muestra y son los mejores describiendo la exposición ocupacional. Estos métodos tienen técnicas instrumentales de análisis de alta sensibilidad y especificidad.

Para la determinación de las concentraciones en el aire de hidrocarburos aromáticos tipo BTX-EB en muestras ambientales por monitoreo personal, en primer lugar, se toma la muestra de aire en el ambiente de trabajo, se asegura la conservación en el transporte y almacenamiento para posteriormente realizar el análisis en el laboratorio. (National Institute for Occupational Safety and Health, 2003)

Se recolecta la muestra, usando una bomba de muestreo calibrada mediante un tubo relleno de carbón activado que adsorbe una cantidad de aire.

Seguidamente los vapores se desorben utilizando disolventes en combinaciones de metanol o diclorometano, mediante un cromatógrafo de gases equipado con un detector de ionización de llama se examina la disolución resultante. Se obtiene la cantidad de hidrocarburo total en la muestra mediante el resultado de cromatograma de las áreas de los picos de los analitos de interés y desde la masa de los analitos presentes en la muestra se obtienen las concentraciones ambientales. (National Institute for Occupational Safety and Health, 2003)

A continuación, en la tabla 7 se muestra las características que se aplican en el método NIOSH 1501 para mediciones de Hidrocarburos Aromáticos:

*Tabla 10. Método NIOSH 1501 Características generales*

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	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.

	añadido a cada sección. Análisis por GC/FID.		
--	---	--	--

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

Para la aplicación de este método de medición se requiere la estandarización y validación para establecer las características analíticas del método dependiendo de las condiciones tecnológicas del laboratorio o institución, si no se dispone del personal o tecnología adecuado para poder llevar a cabo las valoraciones se recurre a laboratorios internacionales (Canadá, Inglaterra, Estados Unidos de América y Comunidad Europea) que estén certificados y que tengan las metodologías validadas por los organismos competentes. (MINISTERIO DEL AMBIENTE DEL ECUADOR, 2012)

### **3.3 Equipos utilizados**

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

##### **3.3.1 Bomba de muestreo**

Se utiliza una bomba de muestreo portátil con un caudal constante de un intervalo de  $\pm 5\%$  apto de permanecer en actividad continua durante el tiempo que se realice el muestreo.

Se conecta la bomba con el tubo de carbón mediante un tubo de plástico de longitud y diámetros indicados para prevenir que ocurran fugas en las conexiones.



Ilustración 19. Bomba de muestreo portátil.

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

### 3.3.2 Tubos de muestreo

Este muestreo consiste en utilizar tubos de vidrio que son expuestos por un periodo de 8 horas al aire ambiente, para que la muestra sea recogida y analizada por cromatografía de gases.

Se utilizan tubos de vidrio de 7cm de largo, 6 mm de diámetro externo y 4 mm de diámetro interno que en sus extremos son sellados al fuego y contiene dos secciones de carbón activado de cáscara de coco (primera sección = 100 mg y la segunda = 50 mg) separados por un conector de espuma de uretano de 2mm. (National Institute for Occupational Safety and Health, 2003)

En la primera sección del tubo se coloca un tapón de lana de vidrio silanizada y en la segunda sección un tapón de espuma de uretano de 3mm, para que se ajusten bien los tubos dispondrán de dos tapones de polietileno para poder prevenir fugas mientras se transportan y almacenan las muestras. (National Institute for Occupational Safety and Health, 2003)



Ilustración 20. Tubo de carbón activado de cáscara de coco.

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

### 3.3.3. Método de muestreo

Para el método de muestreo se utilizaron bombas personales de marca: Gilian, modelo; 610-0901-03-R, las cuales operaron a un flujo establecido para obtener un volumen específico dependiendo del tiempo de muestreo, el flujo de aire de la bomba y por consiguiente el volumen total se escogió acorde a lo establecido en el método; las actividades simplificadas de muestreo fueron: unir los medios de captación de la muestra a la bomba personal por medio de tubos flexibles, luego del muestreo se sellan los medios y posterior se realiza el envío para el análisis. (IPSOMARY S.A., 2019).

### 3.4 Toma de muestra

Las tomas de las muestras fueron realizadas por el laboratorio ambiental IPSOMARY S.A., por un periodo de 8 horas.

Una vez recogidas las muestras estas fueron enviadas al laboratorio ALSGLOBAL acreditado ISO 17025 (Anexo 4) ubicado en Estados Unidos para el análisis respectivo.

- Se calibra la bomba portátil de muestreo personal con una muestra representativa en línea.

- Se rompen ambos extremos del tubo de carbón antes de comenzar, se conecta a la bomba de muestreo personal mediante un tubo de plástico.
- Empezar y poner la bomba en marcha mostrando una velocidad de flujo con precisión entre 0.01 y 0.2 L/ min.
- Terminado el muestreo se cubren las muestras con tapas de plástico y se empaca de manera segura para el envío. (IPSOMARY S.A., 2019)

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

- Se colocan las secciones de sorbente frontal y posterior del tubo de muestreo en viales separados. Se incluye el tapón de lana de vidrio en el vial junto con la sección absorbente frontal.
- Se agrega 1,0 ml del disolvente a cada vial. Se coloca la tapa en ambos extremos.
- Se deja reposar durante al menos 30 minutos con agitación ocasional.

#### **3.4.2 Calibración y Control de calidad**

- Se calibra diariamente por lo menos seis estándares de trabajo por debajo del límite de detección a 10 veces el límite de cuantificación. Si es necesario se puede agregar estándares adicionales para extender la curva de calibración.
- Se agrega cantidades conocidas de analitos al solvente de disulfuro de carbono en frascos volumétricos de 10 ml y diluya hasta la marca.
- Se determina la eficiencia de desorción al menos una vez para cada lote de carbón vegetal utilizado para el muestreo en el rango de calibración.
- Se prepara tres tubos en cada uno de los cinco niveles más tres espacios en blanco, se inyecta una cantidad conocida de solución de eficacia de desorción (5 a 25  $\mu$ L) directamente en la sección frontal de cada tubo de carbón con una jeringa de microlitro.
- Se procede a equilibrar los tubos con aire durante algunos minutos, luego se tapa los extremos de cada tubo y se dejan reposar.
- Se prepara una gráfica de ED vs  $\mu$ g de analito recuperado.

- Se analiza con un mínimo de tres picos ciegos de control de calidad y tres picos de analitos para asegurarse de que el gráfico de eficacia de desorción esté en control. (IPSOMARY S.A., 2019)

### 3.4.3 Medición

- Configurar el cromatógrafo de gases según las recomendaciones del fabricante y las condiciones indicadas.
- Inyectar manualmente una muestra alícuota de 1 µL utilizando la técnica de lavado con solvente o con un inyector automático.

### 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 sorbentes, y en las secciones de sorbente medio frontal en blanco ( $B_f$ ) y posterior ( $B_b$ ) 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 procedió a analizar los resultados de benceno en los puntos seleccionados del centro de la ciudad de Guayaquil para determinar si cumplen con los límites máximos permisibles dados por la Norma Ecuatoriana de Calidad de Aire Ambiente del Acuerdo Ministerial 097-A, del 4 de Noviembre del 2015, Anexo 4 del libro VI del TULSMA (Ministerio del Ambiente del Ecuador, 2003)

## 4 CAPÍTULO IX – RESULTADOS

### 4.1 Presentación de resultados

Los resultados de los cuatro puntos que se analizaron se encuentran en la Tabla 11, en la que se observa que los valores superan el límite máximo permisible según el Texto Unificado de Legislación Secundaria de Medio Ambiente, donde se establecen los límites para precautelar una calidad de ambiente adecuada para los seres humanos, flora y fauna.

El resultado en el punto P1 ubicado en la Parada de Metrovía Calle Alcedo 556 y Pedro Moncayo es el valor más alto, siendo 22 veces más alto que el límite máximo permisible,

En los puntos P2 ubicado en la parada de Metrovía Caja del Seguro- Calle Olmedo y Francisco Lavayen, P3 en la esquina de Malecón 2000 calle Simón Bolívar y Av. 9 de Octubre y P4 en la esquina de la Av. 9 de Octubre y Rumichaca los valores son más bajos que  $42 \text{ ug/m}^3$ , debido a que ese es el límite mínimo de detección del cromatógrafo de gases.

Los cuatro puntos han sido realizados por un periodo de 8 horas de manera ininterrumpida mediante los métodos de medición efectuados por el laboratorio ambiental IPSOMARY.

En consecuencia, al revisar los resultados y comparando con los límites dados por el Anexo 4 del Acuerdo Ministerial 097-A y publicado en el Registro Oficial 387 del 4 de noviembre del 2015 estos nos indican que superan los límites establecidos de  $5 \text{ }\mu\text{g/m}^3$ .

En la siguiente tabla se describen los resultados del análisis y la comparación de estos con los valores máximos establecidos:

Tabla 11. Resultados de las mediciones de benceno.

				Resultados	TULSMA Anexo 4 tabla 3 Límite máximo permisible e ug/m3	Observaciones
Punto	Ubicación	Inicial	Final	ug / m3		
		Hora	Hora	C6H6		
<b>P1</b>	Parada de Metrovía , calle Alcedo 556 y Pedro Moncayo	9:06	17:06	110		
<b>P2</b>	Parada de Metrovía Caja del Seguro IESS, calle Olmedo y Francisco Lavayen	10:00	18:00	<42	No Cumple	
<b>P3</b>	Malecón 2000, calle Simón Bolivar y Av. 9 de Octubre	11:00	19:00	<42	No Cumple	
<b>P4</b>	Av. 9 de Octubre y Rumichaca	8:32	16:32	<42	No Cumple	

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

Las muestras fueron tomadas entre el 29 – 31 de enero del 2019.

## Condiciones Ambientales

Las condiciones ambientales promedio durante las mediciones fueron las siguientes:

Tabla 12. Condiciones ambientales

<b>PUNTO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>TEMPERATURA °C</b>	<b>HUMEDAD RELATIVA %</b>
<b>P1</b>	Parada de Metrovía , calle Alcedo 556 y Pedro Moncayo	29,8	58,2
<b>P2</b>	Parada de Metrovía Caja del Seguro IESS, calle Olmedo y Francisco Lavayen	29	56
<b>P3</b>	Malecón 2000, calle Simón Bolívar y Av. 9 de Octubre	29	64
<b>P4</b>	Av. 9 de Octubre y Rumichaca	28	58

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

En el presente gráfico se puede observar que hay una concentración de benceno de 110 ug/m<sup>3</sup> en el Punto 1 cerca de la Parada de Metrovía y los puntos 2, 3 y 4 el índice es más bajo.

Esto se debe a que en el Punto 1 hay más afluencia vehicular, por lo tanto más contaminantes que contienen benceno y los puntos siguientes están cerca de zonas como el Parque Centenario y Malecón 2000, es decir, en áreas menos propensas a ser contaminadas debido a la presencia de árboles y el agua en el Río Guayas, ya que gracias a estos elementos el benceno se degrada más lentamente que en el aire, siendo poco soluble al agua como es en el caso en el Malecón y puede pasar a través del suelo hacia el agua subterránea permitiendo que no se acumule en plantas en este caso en el parque centenario, ya que el benceno no se acumula en plantas.

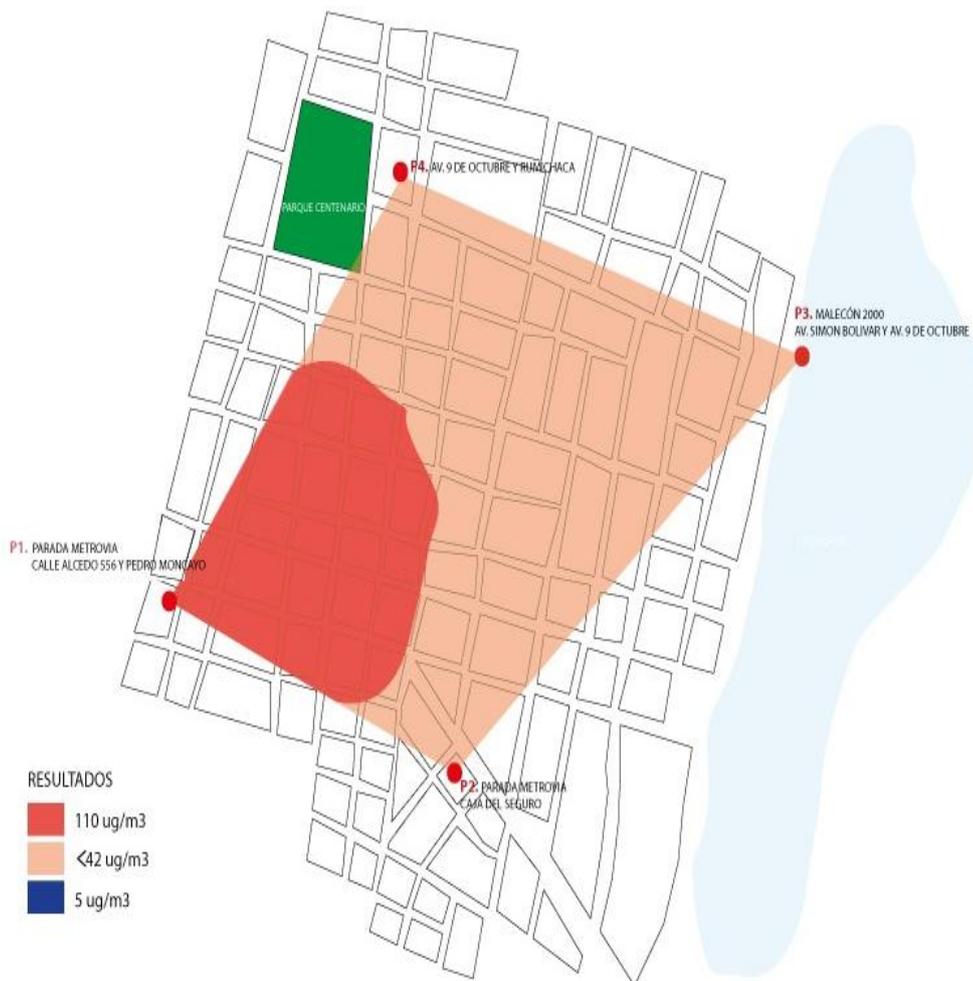


Ilustración 21 Mapa de Niveles de Benceno

Fuente: (Elaboración propia, 2019)

## 5 CAPÍTULO V – CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1 Conclusiones

Los cuatro puntos monitoreados se evaluaron por un periodo de 8 horas continuas, comparando los resultados con los límites proporcionados por el Anexo 4 del Acuerdo Ministerial 097-A y se determinó que no se encuentran dentro de los límites permisibles de 5 ug/m<sup>3</sup>, dando las siguientes conclusiones:

1. Las mediciones de las concentraciones de benceno en el aire del centro de la ciudad de Guayaquil dieron como resultado lo siguiente:
  - Parada de Metrovía Calle Alcedo 556 y Pedro Moncayo (110 ug/m<sup>3</sup>).
  - Parada de Metrovía Caja del Seguro IESS, calle Olmedo y Francisco Lavayen Larrabeitia (<42 ug/m<sup>3</sup>).
  - Malecón 2000, Calle Simón Bolívar y Av. 9 de Octubre (<42 ug/m<sup>3</sup>).
  - Av. 9 de Octubre y Rumichaca (<42 ug/m<sup>3</sup>).

De acuerdo al lugar de puntos de muestreo, la concentración de benceno aumenta donde hay mayores emisiones de gases contaminantes por parte del tránsito vehicular y el humo del cigarrillo.

2. De los resultados obtenidos, se concluye que el benceno se encuentra en el sitio de muestreo, con altas concentraciones, sobrepasando los niveles máximos permitidos lo cual representa un riesgo para la salud pública.
3. Los resultados demuestran que la mala calidad de los combustibles en el país podría ser la fuente principal de contaminación por benceno en el aire y por ende los niveles de este gas serán siempre altos, si no se mejoran la calidad de los combustibles.

4. Los niveles de benceno determinados también están influenciados por el hecho de que las pruebas fueron tomadas en un horario donde la fluencia de los vehículos es mayor.
5. El benceno es un contaminante que se encuentra en altas proporciones en el aire puede producir enfermedades cancerígenas a los seres vivos.

## **5.2 Recomendaciones**

De acuerdo a los resultados que se obtuvieron en las pruebas podemos mencionar las siguientes recomendaciones:

1. Realizar un estudio sobre la calidad del combustible, para implementar métodos de mejoramiento y depuración para disminuir las emisiones de benceno al aire.
2. Realizar otros estudios adicionales por otro tipo de métodos para así obtener resultados comparativos con los ya existentes, por ejemplo, en jornadas de monitoreo de 24 horas en sitios estratégicos de la ciudad de Guayaquil.
3. Mantener continuamente las mediciones del benceno en las diferentes zonas más transitadas de la ciudad para conocer el nivel de contaminación que están expuestos las personas.
4. Universidades y/o instituciones públicas y privadas, brindar mayor apoyo en este tipo de investigaciones, este tipo de trabajos pueden ser la génesis de futuros proyectos.

## 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.
- 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>
- 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>
- 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.
- 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)
- 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.tesisenred.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>
- 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/>
- 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>
- 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*.
- 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>
- 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>
- 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>
- Quito, S. d.-D. (2015). *Norma de Calidad del Aire Ambiente Ecuatoriano*. Quito.
- 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)
- 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.

# ANEXOS

## Anexo 1. – Anexo 4 del Libro del T.U.L.S.M.A.

### ANEXO 4 DEL LIBRO VI DEL TEXTO UNIFICADO DE LEGISLACIÓN SECUNDARIA DEL MINISTERIO DEL AMBIENTE NORMA DE CALIDAD DEL AIRE AMBIENTE O NIVEL DE INMISIÓN LIBRO VI ANEXO 4

#### NORMA DE CALIDAD DEL AIRE AMBIENTE O NIVEL DE INMISIÓN LIBRO VI ANEXO 4

##### INTRODUCCIÓN

La presente norma técnica es dictada bajo el amparo de la Ley de Gestión Ambiental y del Reglamento a la Ley de Gestión Ambiental para la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental y se somete a las disposiciones de éstos, es de aplicación obligatoria y rige en todo el territorio nacional.

La presente norma técnica establece:

**Registro Oficial -- Edición Especial N° 387 - Miércoles 4 de noviembre de 2015 -- 53**

##### 2. DEFINICIONES

Para el propósito de esta norma se consideran las definiciones establecidas en el Reglamento a la Ley de Prevención y Control de la Contaminación, y las que a continuación se indican:

**2.1 Aire.-** También denominado "aire ambiente", cualquier porción no confinada de la atmósfera, y se define como mezcla gaseosa cuya composición normal es, de por lo menos, veinte por ciento (20%) de oxígeno, setenta y nueve por ciento (79%) nitrógeno y uno por ciento (1%) de dióxido de carbono, además de proporciones variables de gases inertes y vapor de agua, en relación volumétrica.

**2.2 Chimenea.-** Conducto que facilita el transporte y evacuación hacia la atmósfera de los productos de combustión generados en la fuente fija.

**2.3 Combustión.-** Oxidación rápida, que consiste en una combinación del oxígeno con aquellos materiales o sustancias capaces de oxidarse, dando como resultado la generación de gases, partículas, luz y calor.

**2.4 Concentración de una sustancia en el Aire.-** Es la relación que existe entre el peso o el volumen de una sustancia y la unidad de volumen de aire en el cual esta contenida.

**2.5 Condiciones de referencia.-** Veinticinco grados centígrados (25 °C) y setecientos sesenta milímetros de mercurio de presión (760 mm Hg).

**2.6 Contaminante del aire.-** Cualquier sustancia o material emitido a la atmósfera, sea por actividad humana o por procesos naturales, y que afecta adversamente al hombre o al ambiente.

**2.7 Contaminantes criterio del aire.-** Cualquier contaminante del aire para los cuales, en esta norma, se especifica un valor máximo de concentración permitida a nivel de suelo en el aire ambiente, y por lo tanto afecta a los receptores ya sean personas, animales, vegetación o materiales para diferentes periodos de tiempo

- Los objetivos de calidad del aire ambiente.
- Los límites permisibles de los contaminantes criterio y contaminantes no convencionales del aire ambiente.
- Los métodos y procedimientos para la determinación de los contaminantes en el aire ambiente.

##### 1. OBJETO

La presente norma tiene como objeto principal el preservar la salud de las personas, la calidad del aire ambiente, el bienestar de los ecosistemas y del ambiente en general. Para cumplir con este objetivo, esta norma establece los límites máximos permisibles de contaminantes en el aire ambiente a nivel de suelo. La norma también provee los métodos y procedimientos destinados a la determinación de las concentraciones de contaminantes en el aire ambiente.

**2.12 Dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>).**- Gas de color pardo rojizo, altamente tóxico, que se forma debido a la oxidación del nitrógeno atmosférico que se utiliza en los procesos de combustión en los vehículos y fábricas.

**2.13 Emisión.-** La descarga de sustancias gaseosas, puras o con sustancias en suspensión en la atmósfera. Para propósitos de esta norma, la emisión se refiere a la descarga de sustancias provenientes de actividades humanas.

**2.14 Episodio crítico de contaminación del aire.-** Es la presencia de altas concentraciones de contaminantes criterio del aire y por periodos cortos de tiempo, como resultado de condiciones de emisiones de gran magnitud y/o meteorológicas desfavorables que impiden la dispersión de los contaminantes previamente emitidos.

**2.15 Fuente fija de combustión.-** Es aquella instalación o conjunto de instalaciones, que tiene como finalidad desarrollar operaciones o procesos industriales, comerciales o de servicios, y que emite o puede emitir contaminantes al aire, debido a proceso de combustión, desde un lugar fijo o inamovible.

**2.16 Línea base.-** Denota el estado de un sistema alterado en un momento en particular, antes de un cambio posterior. Se define también como las condiciones en el momento de la investigación dentro de un área que puede estar influenciada por actividades humanas.

**2.17 Material particulado.-** Está constituido por material sólido o líquido en forma de partículas, con excepción del agua no combinada, presente en la atmósfera. Se designa como PM<sub>2,5</sub> al material particulado cuyo diámetro aerodinámico es menor a 2,5 micrones. Se designa como PM<sub>10</sub> al material particulado de diámetro aerodinámico menor a 10 micrones.

**2.18 Micrón.-** Millonésima parte de un metro.

**2.19 Monitoreo.-** Es el proceso programado de coleccionar muestras, efectuar mediciones, y realizar el subsiguiente registro, de varias características del ambiente, a menudo con el fin de evaluar conformidad con

**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.

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.

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

**2.23 Norma de emisión.**- Es el valor que señala la descarga máxima permisible de los contaminantes del aire definidos, provenientes de una fuente fija o móvil.

**2.24 Olor ofensivo.**- Es el olor, generado por sustancias o 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.

. Material Particulado de diámetro aerodinámico menor a 2,5 (dos enteros cinco décimos) micrones. Se abrevia PM<sub>2,5</sub>.

. Dióxido de Nitrógeno NO<sub>2</sub>.

. 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.

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.

### 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.

**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 monitora sea mayor o igual a (100 µg/m<sup>3</sup>)

**Ozono.-** La máxima concentración de ozono, obtenida mediante muestra continua en un período 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:

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

**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. 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 cromatógrafo 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.

**Anexo 2 – Informe entregado por el laboratorio IPSOMARY S.A.**



**INFORME DE EXPOSICIÓN  
A CONTAMINANTES QUÍMICOS  
BENCENO**



**SRTA. LESLIE PONTÓN**

**ENERO 2019**

**IPSOMARY S.A.**  
Cds. 29 de Junio Mz. E Solar 04 - Telf. 593-4-6013531 / 6013532  
Email: [serviciosambientales@ipsomary.com](mailto:serviciosambientales@ipsomary.com) • [www.ipsomary.com](http://www.ipsomary.com) • Guayaquil-Ecuador

	<b>INFORME DE ANÁLISIS DE EXPOSICIÓN A CONTAMINANTES QUÍMICOS</b>	<b>Nº 19-006</b>
		<b>Página 2 de 11</b>

## CONTENIDO

1.	INTRODUCCIÓN .....	3
2.	ALCANCE .....	3
3.	MARCO LEGAL .....	3
4.	METODOLOGÍA .....	4
4.1.	Método de muestreo .....	4
4.2.	Método de análisis en laboratorio.....	4
5.	RESULTADOS.....	4
5.1.	Muestreo.....	4
5.2.	Condiciones ambientales.....	5
5.3.	Resultado de análisis .....	5
6.	CONCLUSIONES.....	6
7.	ANEXOS .....	7
7.1.	Anexo 1 - Fotografías .....	7
7.2.	Anexo 2 - Reportes de análisis laboratorio.....	9
7.3.	Anexo 3 - Certificado y alcance de acreditación del laboratorio externo .....	10
7.4.	Anexo 4 - Certificado de Calibración .....	11

	<b>INFORME DE ANÁLISIS DE EXPOSICIÓN A CONTAMINANTES QUÍMICOS</b>	Nº 19-006
		Página 3 de 11

### 1. INTRODUCCIÓN

El presente informe se genera en base a los análisis de benceno, efectuado para la Srta. Leslie Pontón, en donde se ha dispuesto la realización de esta medición como parte de un proyecto de tesis, en diversos sectores de Guayaquil, tomando en cuenta los posibles efectos adversos que se pueden presentar por la exposición a este contaminante.

El fin de esta medición es poder determinar los niveles de concentración de benceno y realizar la comparación con límites máximos permisibles.

### 2. ALCANCE

El presente informe corresponde únicamente al análisis de benceno en aire ambiente, realizado en cuatro sectores en la ciudad de Guayaquil.

### 3. MARCO LEGAL

TULSMA Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio de Ambiente, Libro VI, anexo 4. Modificado mediante el Acuerdo Ministerial 097-A y publicado en el Registro Oficial 387 del 04 de noviembre del 2015.

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

Contaminante no convencional	Nivel máximo $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Tiempo de exposición
Benceno	5	Anual

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

	<b>INFORME DE ANÁLISIS DE EXPOSICIÓN A CONTAMINANTES QUÍMICOS</b>	Nº 19-006
		Página 4 de 11

#### 4. METODOLOGÍA

Para la determinación del contaminante químico en ambientes laborales, se utilizó un método específico establecido por la *NIOSH (National Institute for Occupational Safe and Health)*, la toma de muestras fue realizada por *IPSOMARY S.A.*, las mismas fueron enviadas a un laboratorio acreditado ISO 17025 ubicado en Estados Unidos para el análisis respectivo.

##### 4.1. Método de muestreo

Para el muestreo se siguieron los requerimientos específicos establecidos en el método *NIOSH 1501*.

Se utilizaron bombas personales de muestreo marca: Gilian, modelo: 610-0901-03-R, las cuales operaron a un flujo de aire establecido para obtener un volumen específico dependiendo del tiempo de muestreo, el flujo de aire de la bomba y por consiguiente el volumen total se escogió acorde a lo establecido en el método; las actividades simplificadas de muestreo fueron: unir los medios de captación de la muestra a la bomba personal por medio de tubos flexibles, luego del muestreo se sellan los medios y posterior se realiza el envío para el análisis.

##### 4.2. Método de análisis en laboratorio

El método de análisis es *NIOSH 1501*, luego del muestreo establecido, se envían los medios a un laboratorio en Estados Unidos para el análisis, el análisis se realiza mediante cromatografía de gases.

El laboratorio que realizó el análisis en Estados Unidos cuenta con acreditación ISO 17025. Ver anexo 2 y 3.

#### 5. RESULTADOS

##### 5.1. Muestreo

En la siguiente tabla se describe los puntos y detalles del monitoreo:

Punto	Descripción	Fecha y hora del monitoreo	Tiempo de monitoreo Horas: minutos
P1	Parada de Metrovía Maternidad - Calle Alcedo y Pedro Moncayo	29 de enero del 2019 - 09:06-17:06	08:00
P2	Parada de Metrovía Caja del Seguro - Calle Olmedo y Francisco Lavayen	29 de enero del 2019 - 10:00-18:00	08:00
P3	Malecón 2000 - Calle Simón bolívar y Av. 9 de Octubre	31 de enero del 2019 - 11:00-19:00	08:00
P4	Av. 9 de Octubre y Rumichaca	30 de enero del 2019 - 08:32-16:32	08:00

	<b>INFORME DE ANÁLISIS DE EXPOSICIÓN A CONTAMINANTES QUÍMICOS</b>	Nº 19-006
		Página 5 de 11

### 5.2. Condiciones ambientales

Las condiciones ambientales promedio durante las mediciones fueron:

PUNTO	DESCRIPCIÓN	TEMPERATURA °C	HUMEDAD RELATIVA %
P1	Parada de Metrovía Maternidad - Calle Alcedo y Pedro Moncayo	29,8	58,2
P2	Parada de Metrovía Caja del Seguro - Calle Olmedo y Francisco Lavayen	29,0	56,0
P3	Malecón 2000 - Calle Simón Bolívar y Av. 9 de Octubre	29,0	64,0
P4	Av. 9 de Octubre y Rumichaca	28,0	58,0

Las condiciones ambientales pueden variar durante el transcurso de la jornada.

### 5.3. Resultado de análisis

En la siguiente tabla se describen los resultados del análisis y la comparación de estos con los valores máximos establecidos:

Punto	Descripción	Concentración Encontrada mg/m <sup>3</sup>
P1	Parada de Metrovía Maternidad - Calle Alcedo y Pedro Moncayo	0,11
P2	Parada de Metrovía Caja del Seguro - Calle Olmedo y Francisco Lavayen	<0,042
P3	Malecón 2000 - Calle Simón Bolívar y Av. 9 de Octubre	<0,042
P4	Av. 9 de Octubre y Rumichaca	<0,042

Los resultados que presentan el signo "< menor que", son aquellos cuyos valores son menores que el límite de cuantificación del método del laboratorio.

No se realiza comparación con el límite máximo establecido debido a que el periodo establecido en la legislación ambiental es un promedio aritmético anual.

	<b>INFORME DE ANÁLISIS DE EXPOSICIÓN A CONTAMINANTES QUÍMICOS</b>	Nº 19-006
		Página 6 de 11

## 6. CONCLUSIONES

Las mediciones fueron realizadas para la Srta. Leslie Pontón, como parte de un proyecto de tesis.

No se realiza comparación con el límite máximo establecido debido a que el periodo establecido en la legislación ambiental es un promedio aritmético anual.

Informe emitido el 12 de febrero del 2019.




**Ing. Marlon Villamar**  
Director Técnico  
IPSOMARY S.A.

7. ANEXOS

7.1. Anexo 1 - Fotografías

P1. Parada de Metrovía Maternidad - Calle Alcedo y Pedro Moncayo



P2. Parada de Metrovía Caja del Seguro - Calle Olmedo y Francisco Lavayen



	<b>INFORME DE ANÁLISIS DE EXPOSICIÓN A CONTAMINANTES QUÍMICOS</b>	Nº 19-004
		Página 8 de 11

P3. Malecón 2000 - Calle Simón Bolívar y Av. 9 de Octubre



P4. Av. 9 de Octubre y Rumichaca



## Anexo 3 – Reportes de análisis por el laboratorio ALSGLOBAL



### ANALYTICAL REPORT

Report Date: February 11, 2019

Leslie Ponton  
Guayaquil (Tesis)

Workorder: **34-1903667**

Client Project ID: Guayaquil (Tesis) 012919

Purchase Order: NA

Project Manager: Jessica Helland

#### Analytical Results

Sample ID: <b>1: Maternidad</b>		Collected: 01/29/2019		
Lab ID: 1903867001	Sampling Location: Guayaquil (Tesis)		Received: 02/04/2019	
Method: NIOSH 1501		Media: SKC 228-01, Charcoal Tube 100/50mg		Instrument: GC101
Sampling Info: Air Volume 24 L			Analyzed: 02/07/2019 (232351)	
Analyte	Result (mg/sample)	Result (mg/m <sup>3</sup> )	Result (ppm)	RL (mg/sample)
Benzene	0.0027	0.11	0.036	0.0010

Sample ID: <b>2: IESS</b>		Collected: 01/29/2019		
Lab ID: 1903867002	Sampling Location: Guayaquil (Tesis)		Received: 02/04/2019	
Method: NIOSH 1501		Media: SKC 228-01, Charcoal Tube 100/50mg		Instrument: GC101
Sampling Info: Air Volume 24 L			Analyzed: 02/07/2019 (232351)	
Analyte	Result (mg/sample)	Result (mg/m <sup>3</sup> )	Result (ppm)	RL (mg/sample)
Benzene	<0.0010	<0.042	<0.013	0.0010

Sample ID: <b>3: 9 de Octubre y Rumichaca</b>		Collected: 01/30/2019		
Lab ID: 1903867003	Sampling Location: Guayaquil (Tesis)		Received: 02/04/2019	
Method: NIOSH 1501		Media: SKC 228-01, Charcoal Tube 100/50mg		Instrument: GC101
Sampling Info: Air Volume 24 L			Analyzed: 02/07/2019 (232351)	
Analyte	Result (mg/sample)	Result (mg/m <sup>3</sup> )	Result (ppm)	RL (mg/sample)
Benzene	<0.0010	<0.042	<0.013	0.0010



## ANALYTICAL REPORT

Workorder: **34-1903667**

Client Project ID: Guayaquil (Tesis) 012919

Purchase Order: NA

Project Manager: Jessica Helland

### Analytical Results

Sample ID: <b>4: 9 de Octubre y Malecon</b>		Collected: 01/31/2019		
Lab ID: 1903887004		Sampling Location: Guayaquil (Tesis)		Received: 02/04/2019
Method: NIOSH 1501		Media: SKC 226-01, Charcoal Tube 100/50mg		Instrument: GC101
Sampling Info: Air Volume 24 L			Analyzed: 02/07/2019 (232351)	
Analyte	Result (mg/sample)	Result (mg/m <sup>3</sup> )	Result (ppm)	RL (mg/sample)
Benzene	<0.0010	<0.042	<0.013	0.0010

### Comments

Quality Control: NIOSH 1501 - (HBN: 232351)

The LCS/LCSD did not meet performance limits for all compounds. All recoveries met continuing calibration criteria.

### Report Authorization ( /S/ is an electronic signature that complies with 21 CFR Part 11)

Method	Analyst	Peer Review
NIOSH 1501	/S/ Lisa M. Reid 02/11/2019 10:03	/S/ Lyle Edwards 02/11/2019 11:18

### Laboratory Contact Information

ALS Environmental  
980 W Levoe Drive  
Salt Lake City, Utah 84123

Phone: (801) 288-7700  
Email: [alsit.lab@ALSGlobal.com](mailto:alsit.lab@ALSGlobal.com)  
Web: [www.alsinc.com](http://www.alsinc.com)



## ANALYTICAL REPORT

Workorder: **34-1903667**

Client Project ID: Guayaquil (Tesis) 012919

Purchase Order: NA

Project Manager: Jessica Helland

### General Lab Comments

The results provided in this report relate only to the items tested.  
Samples were received in acceptable condition unless otherwise noted.  
Samples have not been blank corrected unless otherwise noted.  
This test report shall not be reproduced, except in full, without written approval of ALS.

ALS provides professional analytical services for all samples submitted. ALS is not in a position to interpret the data and assumes no responsibility for the quality of the samples submitted.

All quality control samples processed with the samples in this report yielded acceptable results unless otherwise noted.

ALS is accredited for specific fields of testing (scopes) in the following testing sectors. The quality system implemented at ALS conforms to accreditation requirements and is applied to all analytical testing performed by ALS. The following table lists testing sector, accreditation body, accreditation number and website. Please contact these accrediting bodies or your ALS project manager for the current scope of accreditation that applies to your analytical testing.

Testing Sector	Accreditation Body (Standard)	Certificate Number	Website
Environmental	PJLA (DoD ELAP)	L17-288	<a href="http://www.pjlabs.com">http://www.pjlabs.com</a>
	PJLA (ISO 17025)	L17-291	<a href="http://www.pjlabs.com">http://www.pjlabs.com</a>
	Utah (TNI)	DATA1	<a href="http://iams.nelac-institute.org/search">http://iams.nelac-institute.org/search</a>
	Nevada	UT00009	<a href="https://ndep.nv.gov/water/lab-certification">https://ndep.nv.gov/water/lab-certification</a>
	Oklahoma	UT00009	<a href="https://labaccreditation.deq.ok.gov/labaccreditation/">https://labaccreditation.deq.ok.gov/labaccreditation/</a>
	Iowa	IA# 376	<a href="http://www.shl.uiowa.edu/labcert/ldnr/reports/public/facility_form.xml">http://www.shl.uiowa.edu/labcert/ldnr/reports/public/facility_form.xml</a>
	Texas (TNI)	T104704456-11-1	<a href="https://www.tceq.texas.gov/assets/public/compliance/compliance_support/qa/txnelap_lab_list.pdf">https://www.tceq.texas.gov/assets/public/compliance/compliance_support/qa/txnelap_lab_list.pdf</a>
Industrial Hygiene	AIHA (ISO 17025 & AIHA IHLAP/ELLAP)	101574	<a href="http://www.aihaaccreditedlabs.org">http://www.aihaaccreditedlabs.org</a>
Lead Testing:			
CPSC	PJLA (ISO 17025)	L17-288	<a href="http://www.pjlabs.com">http://www.pjlabs.com</a>
Soil, Dust, Paint	AIHA (ISO 17025, AIHA ELLAP and NLLAP)	101574	<a href="http://www.aihaaccreditedlabs.org">http://www.aihaaccreditedlabs.org</a>
Dietary Supplements	PJLA (ISO 17025)	L17-291	<a href="http://www.pjlabs.com">http://www.pjlabs.com</a>

### Definitions

LOD = Limit of Detection = MDL = Method Detection Limit, A statistical estimate of method/media/instrument sensitivity.

LOQ = Limit of Quantitation = RL = Reporting Limit, A verified value of method/media/instrument sensitivity.

ND = Not Detected, Testing result not detected above the LOD or LOQ.

NA = Not Applicable.

\*\* No result could be reported, see sample comments for details.

< Means this testing result is less than the numerical value.

() This testing result is between the LOD and LOQ and has higher analytical uncertainty than values at or above the LOQ.



**AIHA Laboratory Accreditation Programs, LLC**

*acknowledges that*

**ALS Environmental**

960 West Levoy Dr., Salt Lake City, UT 84123-2547  
 Laboratory ID: 101574

along with all premises from which key activities are performed, as listed above, has fulfilled the requirements of the AIHA Laboratory Accreditation Programs (AIHA-LAP), LLC accreditation to the ISO/IEC 17025:2005 international standard, *General Requirements for the Competence of Testing and Calibration Laboratories* in the following:

**LABORATORY ACCREDITATION PROGRAMS**

- INDUSTRIAL HYGIENE  
 Accreditation Expires: May 01, 2020
- ENVIRONMENTAL LEAD  
 Accreditation Expires: May 01, 2020
- ENVIRONMENTAL MICROBIOLOGY  
 Accreditation Expires:
- FOOD  
 Accreditation Expires:
- UNIQUE SCOPES  
 Accreditation Expires:

Specific Field(s) of Testing (FoT)/Method(s) within each Accreditation Program for which the above named laboratory maintains accreditation is outlined on the attached Scope of Accreditation. Continued accreditation is contingent upon successful on-going compliance with ISO/IEC 17025:2005 and AIHA-LAP, LLC requirements. This certificate is not valid without the attached Scope of Accreditation. Please review the AIHA-LAP, LLC website ([www.aihaaccreditedlabs.org](http://www.aihaaccreditedlabs.org)) for the most current Scope.

*William Walsh*

**William Walsh, CIH**  
 Chairperson, Analytical Accreditation Board

Revision 15: 03/30/2016

*Cheryl O. Morton*

**Cheryl O. Morton**  
 Managing Director, AIHA Laboratory Accreditation Programs, LLC

Date Issued: 03/02/2018



## AIHA Laboratory Accreditation Programs, LLC SCOPE OF ACCREDITATION

**ALS Environmental**  
960 West Levoe Dr., Salt Lake City, UT 84123-2547

Laboratory ID: **101574**  
Issue Date: 03/02/2018

The laboratory is approved for those specific field(s) of testing/methods listed in the table below. Clients are urged to verify the laboratory's current accreditation status for the particular field(s) of testing/Methods, since these can change due to proficiency status, suspension and/or withdrawal of accreditation.

### Industrial Hygiene Laboratory Accreditation Program (IHLAP)

Initial Accreditation Date: 06/01/1974

IHLAP Scope Category	Field of Testing (FoT) (FoTs cover all relevant IH matrices)	Technology sub-type/ Detector	Published Reference Method/Title of In-house Method	Method Description or Analyte <i>(for internal methods only)</i>
Chromatography Core	Gas Chromatography	GC/FID	NIOSH 1000	
			NIOSH 1001	
			NIOSH 1002	
			NIOSH 1003	
			NIOSH 1004	
			NIOSH 1005	
			NIOSH 1006	
			NIOSH 1007	
			NIOSH 1010	
			NIOSH 1011	
			NIOSH 1012	
			NIOSH 1013	
			NIOSH 1014	
			NIOSH 1015	
			NIOSH 1016	
			NIOSH 1017	
			NIOSH 1018	
			NIOSH 1019	
			NIOSH 1020	
			NIOSH 1022	
NIOSH 1024				
NIOSH 1025				
NIOSH 1026				
NIOSH 1300				
NIOSH 1301				

Effective: 04/10/2015  
101574\_Scope\_IHLAP\_2018\_02\_28  
Page 1 of 10



IHLAP Scope Category	Field of Testing (FoT) (FoTs cover all relevant IH matrices)	Technology sub-type/ Detector	Published Reference Method/Title of In-house Method	Method Description or Analyte <i>(for internal methods only)</i>
Chromatography Core	Gas Chromatography	GC/FID	NIOSH 1400	
			NIOSH 1401	
			NIOSH 1402	
			NIOSH 1403	
			NIOSH 1450	
			NIOSH 1451	
			NIOSH 1452	
			NIOSH 1453	
			NIOSH 1454	
			NIOSH 1457	
			NIOSH 1458	
			NIOSH 1459	
			NIOSH 1460	
			NIOSH 1500	
			NIOSH 1501	
			NIOSH 1550	
			NIOSH 1551	
			NIOSH 1601	
			NIOSH 1602	
			NIOSH 1603	
			NIOSH 1604	
			NIOSH 1606	
			NIOSH 1608	
			NIOSH 1609	
			NIOSH 1610	
			NIOSH 1611	
			NIOSH 1612	
			NIOSH 1615	
			NIOSH 1616	
			NIOSH 1618	
NIOSH 2000				
NIOSH 2003				
NIOSH 2004				
NIOSH 2500				
NIOSH 2505				
NIOSH 2508				
NIOSH 2513				
NIOSH 2516				
NIOSH 2519				
NIOSH 2521				

Effective: 04/10/2015  
 101574\_Scope\_IHLAP\_2018\_02\_28  
 Page 2 of 10



IHLAP Scope Category	Field of Testing (FoT) (FoTs cover all relevant IH matrices)	Technology sub-type/ Detector	Published Reference Method/Title of In-house Method	Method Description or Analyte <i>(for internal methods only)</i>
Chromatography Core	Gas Chromatography	GC/FID	NIOSH 2523	
			NIOSH 2526	
			NIOSH 2527	
			NIOSH 2528	
			NIOSH 2530	
			NIOSH 2536	
			NIOSH 2537	
			NIOSH 2538	
			NIOSH 2539	
			NIOSH 2541	
			NIOSH 2545	
			NIOSH 2546	
			NIOSH 2552	
			NIOSH 2553	
			NIOSH 2554	
			NIOSH 2555	
			NIOSH 2556	
			NIOSH 2557	
			NIOSH 2558	
			NIOSH 5020	
			NIOSH 5021	
			NIOSH 5523	
			OSHA 01	
			OSHA 05	
			OSHA 08	
			OSHA 09	
			OSHA 100	
			OSHA 104	
			OSHA 106	
			OSHA 109	
			OSHA 11	
			OSHA 12	
			OSHA 14	
OSHA 19				
OSHA 29				
OSHA 35				
OSHA 37				
OSHA 46				
OSHA 51				
OSHA 53				

Effective: 04/10/2015  
 101574\_Scope\_IHLAP\_2018\_02\_28  
 Page 3 of 10



IHLAP Scope Category	Field of Testing (FoT) (FoTs cover all relevant IH matrices)	Technology sub-type/ Detector	Published Reference Method/Title of In-house Method	Method Description or Analyte (for internal methods only)
Chromatography Core	Gas Chromatography	GC/FID	OSHA 59	
			OSHA 69	
			OSHA 72	
			OSHA 75	
			OSHA 79	
			OSHA 80	
			OSHA 83	
			OSHA 84	
			OSHA 89	
			OSHA 91	
		OSHA 94		
		GC/ECD	NIOSH 1008	
			NIOSH 2517	
			NIOSH 2518	
			NIOSH 2543	
			NIOSH 2559 Modified	
			NIOSH 5014	
			NIOSH 5039	
			NIOSH 5502	
			NIOSH 5503	
			NIOSH 5510	
			NIOSH 5519	
			NIOSH 5600 Modified	
			OSHA 03	
			OSHA 10	
			OSHA 2 Modified	
			OSHA 44 Modified	
	OSHA 67			
	OSHA 76			
	GC/Chemiluminescence	ASTM 5504		
		NIOSH 1622		
	GC/MS	NIOSH 2510 Modified		
		EPA TO-15		
EPA TO-17				
GC/MS Amine Panels				
IH-AN-014				
IH-AN-015				
IH-AN-1613				
IH-AN-N5528		Analysis of PAH by GC/MS SIM		

Effective: 04/10/2015  
 101574\_Scope\_IHLAP\_2018\_02\_28  
 Page 4 of 10



IHLAP Scope Category	Field of Testing (FoT) (FoTs cover all relevant IH matrices)	Technology sub-type/ Detector	Published Reference Method/Title of In-house Method	Method Description or Analyte (for internal methods only)
Chromatography Core	GC/MS		IH-AN-Nicotine	
			IN-AN-GC/MS	
			IN-AN-Solvent Panel	ALS Proprietary
			NIOSH 1302 Modified	
			NIOSH 1613	
			NIOSH 1614 Modified	
			NIOSH 2510 Modified	
			NIOSH 2522 Modified	
			NIOSH 2524	
			NIOSH 2551 Modified	
			NIOSH 5012 Modified	
			NIOSH 5017 Modified	
			NIOSH 5019 Modified	
			NIOSH 5020 Modified	
			NIOSH 5033 Modified	
			NIOSH 5516 Modified	
			NIOSH 5600 Modified	
			NIOSH 5602	
			NIOSH 5605	
			NIOSH 9106	
			NIOSH 9109	
			NIOSH 9201	
			NIOSH 9202	
			OSHA 105 Modified	
			OSHA 21 Modified	
			OSHA 50 Modified	
			OSHA 57	
			OSHA 58 Modified	
			OSHA 65 Modified	
			OSHA 70	
			OSHA 71	
			OSHA 73	
OSHA 78 Modified				
OSHA 87 Modified				
OSHA 93 Modified				
OSHA PV 123 Modified				
OSHA PV 2016 Modified				

Effective: 04/10/2015  
 101574\_Scope\_IHLAP\_2018\_02\_28  
 Page 5 of 10



IHLAP Scope Category	Field of Testing (FoT) (FoTs cover all relevant IH matrices)	Technology sub-type/ Detector	Published Reference Method/Title of In-house Method	Method Description or Analyte (for internal methods only)
Chromatography Core	GC/MS		OSHA PV 2018 Modified	
			OSHA PV 2064 Modified	
			OSHA PV 2079 Modified	
			OSHA PV 21009 Modified	
			OSHA PV 2116 Modified	
			OSHA PV 2122 Modified	
			OSHA PV 2123 Modified	
			OSHA PV 2141 Modified	
			OSHA PV 2145 Modified	
			OSHA PV2063	
	Gas Chromatography (Diffusive Samplers)		3M 3500	IH-AN-Diffusive
			3M 3520	IH-AN-Diffusive
			SKC	IH-AN-Diffusive
	Ion Chromatography (IC)		IH-AN-Chloramine	
			NIOSH 2011	
			NIOSH 6004 Modified	
			NIOSH 6005	
			NIOSH 6011 Modified	
			NIOSH 6012	
			NIOSH 6013	
			NIOSH 7903	
			NIOSH 7906	
			NIOSH 7907	
			NIOSH 7908	
			OSHA ID-104	
			OSHA ID-108	
			OSHA ID-111	
			OSHA ID-112	
			OSHA ID-113	
			OSHA ID-1659G	
OSHA ID-1869G				
OSHA ID-200				
OSHA ID-202				
OSHA ID-211				

Effective: 04/10/2015  
 101574\_Scope\_IHLAP\_2018\_02\_28  
 Page 6 of 10



IHLAP Scope Category	Field of Testing (FoT) (FoTs cover all relevant IH matrices)	Technology sub-type/ Detector	Published Reference Method/Title of In-house Method	Method Description or Analyte <i>(for internal methods only)</i>
Chromatography Core	Ion Chromatography (IC)		OSHA ID-214	
	Liquid Chromatography	HPLC/UV	NIOSH 2005	
			NIOSH 2014	
			NIOSH 2016 Modified	
			NIOSH 2018	
			NIOSH 2507 Modified	
			NIOSH 2514	
			NIOSH 2532	
			NIOSH 2540	
			NIOSH 2559	
			NIOSH 3507	
			NIOSH 3512	
			NIOSH 5001	
			NIOSH 5002	
			NIOSH 5003	
			NIOSH 5004	
			NIOSH 5005	
			NIOSH 5008	
			NIOSH 5009	
			NIOSH 5010	
			NIOSH 5016	
			NIOSH 5027	
			NIOSH 5029	
			NIOSH 5030	
			NIOSH 5031	
			NIOSH 5033	
			NIOSH 5044	
			NIOSH 5506 Modified	
			NIOSH 5509	
			NIOSH 5512	
			NIOSH 5522	
			NIOSH 5601	
			NIOSH 7605	
OSHA 1007 Modified				
OSHA 108				
OSHA 24				
OSHA 25				
OSHA 28				

Effective: 04/10/2015  
 101574\_Scope\_IHLAP\_2018\_02\_28  
 Page 7 of 10



IHLAP Scope Category	Field of Testing (FoT) (FoTs cover all relevant IH matrices)	Technology sub-type/ Detector	Published Reference Method/Title of In-house Method	Method Description or Analyte <i>(for internal methods only)</i>
Chromatography Core	Liquid Chromatography	HPLC/UV	OSHA 32	
			OSHA 34	
			OSHA 36	
			OSHA 39	
			OSHA 40	
			OSHA 41	
			OSHA 42	
			OSHA 43	
			OSHA 44 Modified	
			OSHA 45	
			OSHA 47	
			OSHA 54	
			OSHA 55	
			OSHA 60	
			OSHA 63	
			OSHA 64	
			OSHA 78	
			OSHA 81	
			OSHA 85	
			OSHA 86	
			OSHA 87	
			OSHA 90	
			OSHA 92 Modified	
		OSHA 95		
		OSHA 98		
		OSHA ID 215		
		OSHA PV2110		
		OSHA PV2111		
		LCMS	IH-AN-HPLC-UV-MS	
			IH-AN-N9111	
			LC-MS Amines Panels	
			NIOSH 2002 Modified	
			NIOSH 2522 Modified	
NIOSH 2540 Modified				
OSHA 42/47 Modified				
OSHA 60 Modified				
OSHA CSI Modified				
OSHA PV 2060 Modified				



IHLAP Scope Category	Field of Testing (FoT) (FoTs cover all relevant IH matrices)	Technology sub-type/ Detector	Published Reference Method/Title of In-house Method	Method Description or Analyte (for internal methods only)	
Chromatography Core	Liquid Chromatography	LC/MS	OSHA PV 2096 Modified		
			OSHA PV 2126 Modified		
Spectrometry Core	Atomic Absorption	CVAA	NIOSH 6009 Modified		
			NIOSH 9103 Modified		
			OSHA ID 145 Modified		
	Inductively-Coupled Plasma	ICP/MS	NIOSH 6007 Modified		
			NIOSH 7029 Modified		
			NIOSH 7300 Modified		
			NIOSH 7303 Modified		
			NIOSH 7901 Modified		
			NIOSH 9102 Modified		
			OSHA 1003 Modified		
			OSHA ID 125G Modified		
			OSHA ID 206 Modified		
			ICP/AES	NIOSH 6007 Modified	
				NIOSH 7029 Modified	
				NIOSH 7300 Modified	
				NIOSH 7303 Modified	
				NIOSH 7901 Modified	
	NIOSH 9102 Modified				
	OSHA 1003 Modified				
	OSHA ID 206 Modified				
OSHA ID-125G Modified					
X-ray Diffraction (XRD)		NIOSH 7500 Modified			
		NIOSH 7504 Modified			
		NIOSH ID 142 Modified			
UV/VIS (Colorimetric)		NIOSH 3500 Modified			
		NIOSH 3503			
		NIOSH 6010 Modified			
		NIOSH 6014			
		NIOSH 6015 Modified			
		NIOSH 7600 Modified			
		NIOSH 7904 Modified			
		OSHA ID-006			
OSHA ID-1265G Modified					

Effective: 04/10/2015  
 101574\_Scope\_IHLAP\_2018\_02\_28  
 Page 9 of 10



IHLAP Scope Category	Field of Testing (FoT) (FoTs cover all relevant IH matrices)	Technology sub-type/ Detector	Published Reference Method/Title of In-house Method	Method Description or Analyte (for internal methods only)
Asbestos/Fiber Microscopy Core	Polarized Light Microscopy (PLM)		NIOSH 9002 Modified	
	Phase Contrast Microscopy (PCM)		NIOSH 7400 Modified	
Miscellaneous Core	Titrimetric		NIOSH 7401 Modified	
			NIOSH 0500	
	Gravimetric		NIOSH 0500 Modified	
			NIOSH 0600	
			NIOSH 0600 Modified	
			NIOSH 5000	
			NIOSH 5042 Modified	
			NIOSH 5524	
			OSHA 58 Modified	
			OSHA ID-196	
Ion-selective electrode (ISE)		NIOSH 7902		
Thermo-optical Analysis (TOA)		NIOSH 5040		
Beryllium Testing	Inductively-Coupled Plasma	ICP/MS	NIOSH 7300 Modified	
			NIOSH 7303 Modified	
	Inductively-Coupled Plasma	ICP/AES	NIOSH 7300 Modified	
			NIOSH 7303 Modified	

A complete listing of currently accredited Industrial Hygiene laboratories is available on the AIHA-LAP, LLC website at: <http://www.aihaaccreditedlabs.org>



## AIHA Laboratory Accreditation Programs, LLC SCOPE OF ACCREDITATION

**ALS Environmental**  
960 West Levoy Dr., Salt Lake City, UT 84123-2547

Laboratory ID: **101574**  
Issue Date: 03/02/2018

The laboratory is approved for those specific field(s) of testing/methods listed in the table below. Clients are urged to verify the laboratory's current accreditation status for the particular field(s) of testing/Methods, since these can change due to proficiency status, suspension and/or withdrawal of accreditation.

The EPA recognizes the AIHA-LAP, LLC ELLAP program as meeting the requirements of the National Lead Laboratory Accreditation Program (NLLAP) established under Title X of the Residential Lead-Based Paint Hazard Reduction Act of 1992 and includes paint, soil and dust wipe analysis. Air and composited wipes analyses are not included as part of the NLLAP.

### Environmental Lead Laboratory Accreditation Program (ELLAP)

Initial Accreditation Date: 08/23/1994

Field of Testing (FoT)	Technology sub-type/ Detector	Method	Method Description <i>(for internal methods only)</i>
Paint		IH-AN-023	
		NIOSH 7300 Modified	
Soil		IH-AN-023	
		NIOSH 7300 Modified	
Settled Dust by Wipe		IH-AN-023	
		NIOSH 7300 Modified	

A complete listing of currently accredited Environmental Lead laboratories is available on the AIHA-LAP, LLC website at: <http://www.aihanccreditedlabs.org>



**CERTIFICATE OF CONFORMANCE**

The following GilAir Plus pump was repaired & tested in accordance with the appropriate Sensidyne procedure and found to be within acceptable specifications of maintaining +/-5% of the set point: Reference SRMA0085720 from Ipsomary in Guayaquil, Ecuador.

GilAir Plus Pump P/N 610-0901-03-R  
S/N 20131230202 – Replaced clogged filter, upgraded firmware from version 2.4.0 to 2.5.4, and tested all functions.

GilAir Plus Pump P/N 610-0901-03-R  
S/N 20131230203 – Replaced clogged filter, upgraded firmware from version 2.4.0 to 2.5.4, and tested all functions.

Sensidyne, LP  
1000 112<sup>th</sup> Curve North  
Suite 400  
St. Petersburg, FL 33716  
U.S.A.  
T: 800-451-9444  
F: +1 327-439-9600  
C: +1 327-439-0302  
Email: info@sensidyne.com  
www.sensidyne.com  
www.schwanenberg.com

Date of Service: March 13, 2018.

Best Regards,

**Fred Lacey**  
Service Supervisor



A Company of the SCHWANENBERG International Group



**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, **Pontón Hidalgo, Leslie Joselyn**, con C.C: # **0706745601** autor/a del trabajo de titulación: **Evaluación de niveles de benceno en el centro urbano 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, **21 de marzo de 2019**

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

Nombre: **Pontón Hidalgo, Leslie Joselyn**

C.C: **0706745601**

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

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

<b>TEMA Y SUBTEMA:</b>	Evaluación de niveles de benceno en el centro urbano 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>	Pontón Hidalgo, Leslie Joselyn		
<b>REVISOR(ES)/TUTOR(ES)</b>	Ing. Vásconez Gavilanes, José Ernesto. 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>	21 de marzo de 2019	<b>No. DE PÁGINAS:</b>	105 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		
<p>La presente investigación aborda la evaluación de niveles de benceno en el centro urbano de Guayaquil para comprobar si se encuentra presente en la atmósfera ya que se produce debido a las emisiones provocadas por la actividad humana. De acuerdo a la Norma de Calidad del Aire Ambiente Ecuatoriana, una exposición prolongada de benceno puede causar graves efectos sobre la salud humana, debido a que afecta al sistema nervioso central y a la normal producción de células sanguíneas, deteriora el sistema inmunitario y daña el material genético celular originando la leucemia, además envenena los huesos, produce anemia y reduce las células blancas de la sangre, incrementando de esta manera el riesgo de cáncer. Para la ubicación de los puntos de monitoreo se escogieron áreas estratégicas, tomando en consideración el tráfico urbano que constituye la mayor fuente debido a que no existe tecnología limpia y los carros no tienen catalizadores debido a que el parque automotor es de años pasados. El método utilizado que está expresado en este trabajo está circunscrita a la excelente gestión de recolección de datos y análisis de laboratorio, las cuales materializan resultados con la ayuda de modelos matemáticos y equipos tecnológicos necesarios para el desarrollo de esta investigación científica. Los resultados obtenidos podrán servir de información para que la autoridad ambiental competente a nivel local tome decisiones para seguir monitoreando los niveles de este importante parámetro de calidad del aire en la ciudad de Guayaquil.</p>			
<b>ADJUNTO PDF:</b>	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	
<b>CONTACTO CON AUTORES:</b>	<b>Teléfono:</b> +5930987262419	<b>E-mail:</b> less_jph@hotmail.com	
<b>CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN (COORDINADOR DEL PROCESO UTE)::</b>	<b>Nombre: Clara Glas Cevallos</b>		
	<b>Teléfono:</b> +593-4 -2206956		
	<b>E-mail:</b> clara.glas@cu.ucsg.edu.ec		
<b>SECCIÓN PARA USO DE BIBLIOTECA</b>			
<b>Nº. DE REGISTRO (en base a datos):</b>			
<b>Nº. DE CLASIFICACIÓN:</b>			
<b>DIRECCIÓN URL (tesis en la web):</b>			