



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE INGENIERIA  
CARRERA DE INGENIERIA CIVIL**

**TEMA:**

Evaluación de niveles de BENCENO en nuevas áreas complementarias en el centro urbano de la ciudad de Guayaquil y en combustibles, para formular recomendaciones sobre el control de este contaminante, por parte de las autoridades ambientales competentes

**AUTOR:**

Chicaiza Chévez, Andrea Rosario

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

**TUTOR:**

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

**Guayaquil, Ecuador**

**16 de septiembre del 2019**



UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

**FACULTAD DE INGENIERIA  
CARRERA DE INGENIERIA CIVIL**

## **CERTIFICACIÓN**

Certificamos que el presente trabajo de titulación, fue realizado en su totalidad por Chicaiza Chévez, Andrea Rosario, 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, 16 de septiembre del 2019**



UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

**FACULTAD DE INGENIERIA  
CARRERA DE INGENIERIA CIVIL**

## **DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD**

Yo, **Chicaiza Chávez, Andrea Rosario**

### **DECLARO QUE:**

El Trabajo de Titulación: **Evaluación de niveles de BENCENO en nuevas áreas complementarias en el centro urbano de la ciudad de Guayaquil y en combustibles, 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, 16 de septiembre del 2019**

**LA AUTORA**

f. \_\_\_\_\_  
**Chicaiza Chávez, Andrea Rosario**



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

## **AUTORIZACIÓN**

Yo, **Chicaiza Chévez, Andrea Rosario**

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 nuevas áreas complementarias en el centro urbano de la ciudad de Guayaquil y en combustibles, 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, 16 de septiembre del 2019**

**LA AUTORA:**

f. \_\_\_\_\_  
**Chicaiza Chévez, Andrea Rosario**

# REPORTE DE URKUND



## Urkund Analysis Result

Analysed Document: Chicaiza\_Andrea\_FINAL.doc (D55426165)  
Submitted: 9/10/2019 2:25:00 AM  
Submitted By: claglas@hotmail.com  
Significance: 5 %

### Sources included in the report:

DESARROLLO DE TESIS I-V CAP. 24.04.2017 copia ep.docx (D27655664)  
Determinación de BTEX en aire ambiente del DMQ - Camila Altamirano.pdf (D29517647)  
<http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/018903/Links/Guia7.pdf>  
<https://encolombia.com/medicina/guiasmed/benceno/recomendaciones3-2/>  
[http://www.quitoambiente.gob.ec/ambiente/images/Secretaria\\_Ambiente/red\\_monitoreo/informacion/norma\\_ecuato\\_calidad.pdf](http://www.quitoambiente.gob.ec/ambiente/images/Secretaria_Ambiente/red_monitoreo/informacion/norma_ecuato_calidad.pdf)  
<https://www.cdc.gov/niosh/docs/2003-154/pdfs/1501.pdf>  
[https://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es\\_phs69.html](https://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es_phs69.html)  
[https://www.paho.org/hq/index.php?option=com\\_content&view=article&id=12918:ambient-air-pollution&Itemid=72243&lang=es](https://www.paho.org/hq/index.php?option=com_content&view=article&id=12918:ambient-air-pollution&Itemid=72243&lang=es)

### Instances where selected sources appear:

12

## **AGRADECIMIENTO**

La gratitud hacia todas las personas que en algún momento me ayudaron mientras cursaba mis estudios es infinita, sin aquellas personas muchas cosas quizás no las hubiera logrado.

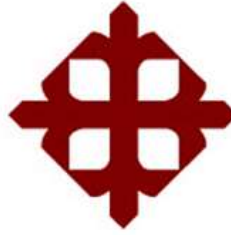
Gracias a mis padres por su apoyo incondicional durante esta etapa, por todos los esfuerzos realizados para que pueda culminar esta meta, a mi madre por ser la mujer más valerosa y valiente que conozco y a Guillermo por enseñarme esta maravillosa profesión, por compartir sus conocimientos y haberme llevado desde pequeña a las obras. Gracias por ser los mejores padres que Dios pudo haberme dado, por enseñarme a nunca rendirme y porque ustedes son los mejores ejemplos de trabajo, esfuerzo y dedicación, sin ustedes nada de esto fuera posible.

Gracias a mi familia por estar siempre pendiente de cada logro que he realizado durante todas mis etapas estudiantiles, a mis amigos por todo el tiempo compartido, por todas aquellas buenas memorias y por ayudarme siempre que lo necesitaba. Y en especial a Dios por haberme permitido culminar mis estudios.

*Andrea*

## DEDICATORIA

A Elizabeth, por enseñarme el valor de las cosas, por ser ejemplo de mujer valiente, que nunca se rinde y por ser la mejor mamá.



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

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

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

**TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN**

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

**Ing. Stefany Alcívar Bastidas, M.Sc.**  
DIRECTOR DE CARRERA

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

**Ing. Clara Glas Cevallos M.Sc.**  
DOCENTE DE LA CARRERA

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

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



# INDICE

1. CAPITULO I.....	2
1.1 Antecedentes.....	2
1.2 Justificación .....	3
1.3 Objetivos.....	3
1.3.1 Objetivo General .....	3
1.3.2 Objetivos específicos .....	4
1.4 Alcance .....	4
2. CAPITULO II.....	5
2.1 Marco Teórico.....	5
2.2 Reseña histórica .....	5
2.3 Características.....	6
2.4 Derivados del benceno y sus usos en industrias .....	7
2.5 Reacciones del benceno.....	8
2.6 Comportamiento del benceno en el ambiente .....	9
2.7 Exposición humana .....	11
2.8 Contaminación del aire .....	12
2.9 Calidad del aire.....	13
2.10 Contaminantes peligrosos del aire .....	15
2.11 Los Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos.....	16
2.12 Actividades industriales con alta exposición a HAP .....	17
2.13 Efectos en la salud .....	18
2.14 Niveles permisibles.....	19

2.15	Calidad del aire en la ciudad de Guayaquil .....	21
2.16	Leyes ambientales del Ecuador.....	22
2.17	Metodología de medición de Benceno .....	23
2.17.1	Muestras de aire.....	23
2.17.2	Monitores en tiempo real.....	23
2.17.3	Mediciones de biomarcadores. ....	24
2.18	Estándares e instrumentos de medición de Benceno.....	24
2.18.1	Instrumentos de medición .....	24
2.18.2	Colectores Pasivos.....	24
2.18.3	Tubos detectores.....	25
2.18.4	Sistema de medición con chip.....	25
2.18.5	Cromatógrafo de gas.....	25
2.18.6	Mediciones con estándares NIOSH Y OSHA.....	26
2.19	Combustibles.....	28
2.20	Gasolina .....	29
2.20.1	Generalidades.....	29
2.21	Medición de benceno en gasolina .....	29
2.21.1	PONA análisis .....	30
3.	CAPITULO III METODOLOGIA .....	31
3.1	Selección de Puntos de Muestreo .....	31
3.2	Descripción del Método NIOSH 1501 .....	33
3.2.1	Reactivos .....	33
3.2.2	Equipos .....	33
3.2.3	Muestreo: .....	34
3.2.4	Calibración y control de calidad:.....	34
3.2.5	Medición.....	35
3.2.6	Cálculos .....	35
3.3	Medición de benceno en gasolina .....	36
3.3.1	ASTM D3606.....	36

3.3.2	ASTM D5580.....	37
3.3.3	ASTM D6277.....	37
3.3.4	ASTM D6730.....	38
4.	CAPITULO IV RESULTADOS .....	39
4.1	Contenido de benceno en gasolinas.....	39
4.1.1	Análisis de resultados .....	40
4.2	Mediciones de benceno en el aire del centro de Guayaquil.....	41
4.3	Comparación de Resultados con Trabajo de Investigación de marzo 2019.	43
4.4	Mapa de Zonificación de concentraciones de Benceno.....	46
5.	CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	47
5.1	Conclusiones .....	47
5.2	Recomendaciones .....	48
6.	Referencias.....	49
7.	ANEXOS.....	53

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1 Tomado de <a href="http://organica1.org/qo1/Mo-cap13.htm">http://organica1.org/qo1/Mo-cap13.htm</a> .....	8
Ilustración 2 estándares de calidad del aire para indicadores de contaminación Tomado del libro James R. Mihelcic y Julie Beth Zimmerman en su libro Ingeniería ambiental .....	14
Ilustración 3 Fuente NIOSH 2003 .....	27
Ilustración 4 Cuadro tomado de <a href="https://www.elcomercio.com/actualidad/ecopais-gasolina-demanda-subsidios-combustibles.html">https://www.elcomercio.com/actualidad/ecopais-gasolina-demanda-subsidios-combustibles.html</a> .....	28
Ilustración 5 Tabla con normativas ASTM para Análisis PONA .....	30
Ilustración 6 Ubicación de Puntos de Muestreo .....	32
Ilustración 7 Grafico de columnas de gasolina para metodo ASTM 3606 tomada de <a href="https://www.perkinelmer.com/Content/relatedmaterials/productnotes/prd_model4013standardmethodastmd3606analyzer.pdf">https://www.perkinelmer.com/Content/relatedmaterials/productnotes/prd_model4013standardmethodastmd3606analyzer.pdf</a> .....	37
Ilustración 8 Ubicación de Puntos de medición en Agosto 2019 (Color Amarillo)y Puntos de marzo 2019 (Color Verde).....	45
Ilustración 9 Mapa de Zonificación de concentraciones de benceno en la Ciudad de Guayaquil (Elaboración Propia).....	46

# ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Características del Benceno	Tomado	de	
<a href="https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Benzene">https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Benzene</a> .....			7
Tabla 2 Tabla de los Hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP), tomado de			
<a href="https://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es_phs69.html">https://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es_phs69.html</a> .....			16
Tabla 3 Fuente (Consejería de Salud de la Región de Murcia, 2002) .....			20
Tabla 4 NIOSH 1501: Características analíticas del método. ....			27
Tabla 5 Puntos de medición del presente trabajo .....			31
Tabla 6 Mediciones de benceno en Gasolina Ecopaís .....			39
Tabla 7 Mediciones de benceno en Gasolina Súper.....			39
Tabla 8 Tabla Resumen de límites de contenido de benceno en Gasolina			
(Fuente: Elaboración del autor a través de recopilación de información) ....			41
Tabla 9 Resultados obtenidos de las mediciones realizadas.....			42
Tabla 10 Resultados obtenidos en PPM para comparar con tablas OSHA. ....			42
Tabla 11 Concentraciones o límites permisibles de Benceno de distintos			
países Elaboración propia a través de recopilación de información .....			43
<i>Tabla 12 Comparación de Resultados con Trabajo de Investigación Marzo</i>			
<i>2019</i> .....			44
Tabla 13 Comparación de resultados de las investigaciones en unidades de			
ppm y comparadas con normativa OSHA .....			44

## RESUMEN

En la actualidad la contaminación ambiental ha surgido como una de las problemáticas más críticas a controlar, esto se debe a las emisiones de contaminantes altamente peligrosos para la salud humana; es así que organizaciones como la Organización Mundial de la salud han establecido límites aceptables y tolerables de exposición para contaminantes químicos con lo cual se garantice la calidad del recurso aire y precautelar la salud de los seres humanos. Dentro de los contaminantes, existen diversos compuestos, pero esta investigación se centra en el hidrocarburo benceno, el cual ha sido identificado como un compuesto tóxico y cancerígeno, al cual el ser humano debería estar expuesto a cantidades mínimas para evitar daños crónicos en el sistema inmunológico y problemas del aparato respiratorio.

El Ecuador a pesar de tener una normativa regulatoria como la Norma de Calidad del Aire (TULSMA Libro VI Anexo 4), no se posee mayor conocimiento sobre la calidad del aire en el territorio nacional. En el 2010 el Ministerio del Ambiente intentó establecer un Plan Nacional para mejorar la calidad del aire. En esta propuesta, se identificó que la ciudad de Guayaquil no tiene ninguna red de monitoreo de calidad del aire, por lo cual la información sobre las concentraciones de contaminantes en Guayaquil es escasa, es de aquí que parte el interés de analizar las concentraciones de contaminantes como el benceno, en puntos estratégicos dentro del área céntrica de la ciudad, para verificar si el tráfico vehicular incide en las concentraciones de benceno.

***Palabras Claves: Contaminantes, benceno, Calidad del aire, límites permisibles, monitoreos, salud humana***

## ABSTRACT

Nowadays, environmental pollution has been a critical topic debated internationally, because of the emissions of hazardous chemical compounds that puts in danger human health. This is why organizations like World Health Organization had established permissible limits of toxic chemical compounds, in order to guarantee air quality and prevent health risks in humans. There are a lot of pollutants that can seriously affect human health, however this work focus on benzene, that has been identified as toxic and carcinogenic, to which human beings should be exposed to minimum amounts or concentrations in order to prevent serious damages in the immune system and respiratory problems.

In Ecuador there is a National Air Quality law, even though there is zero knowledge about the air quality in the whole country. For this reason, in 2010 the Ecuadorian Ministry of Environment tried to establish a national plan to improve air quality, in this document it was identified that in Guayaquil there was no air quality monitoring network, so there is no information about the pollutants that can affect people, thus this is the interest of this investigation to analyze benzene concentrations in the downtown area, in order to acknowledge if traffic is a critical incident of the concentrations of benzene.

***Key Words: pollutants, benzene, Air Quality, permissible limits, monitoring networks, human health.***

# INTRODUCCIÓN

## 1. CAPITULO I

### 1.1 Antecedentes

La contaminación ambiental en la actualidad surge como un problema de preocupación de carácter urgente porque a medida que avanza la tecnología los seres humanos siguen emanando hacia el aire sustancias tóxicas que alteran significativamente el ecosistema. Sin embargo, la ciudad de Guayaquil y a nivel nacional Ecuador como país no poseen registros eficientes de la contaminación del aire, esto incluye mediciones como el Benceno que pasan desapercibidos, los registros, informaciones y escasas normas son recientes lo que impide conocer lo que realmente sucede en la ciudad. Se desconoce cómo afecta el parque automotor, las industrias y otros procesos que contribuyen a la emanación de benceno hacia la atmósfera. De tal manera, de acuerdo a los archivos digitales del diario “El Universo” en el año 2004 se realizó un estudio ambiental donde se identificaba 25 puntos críticos dentro del área urbana Guayaquil. En este trabajo que se realizó en conjunto con la Universidad Central, Municipio de Guayaquil y Petroecuador se determinó que 7 puntos críticos se encontraban en el centro de la ciudad. Luego para el año 2018 varios periódicos de la ciudad informan que se han realizado nuevas investigaciones, y que en 2016 se estableció monitorear la calidad del aire de la ciudad con 8 estaciones (5 estaciones fijas y 3 estaciones móviles) y para julio del 2018 también se informaba que tan solo una estación funcionaba y que se encontraba Vía a la Costa.

Por estos motivos surge la idea de analizar el contenido del aire específicamente el contaminante benceno, al ser un compuesto muy poco analizado y minimizado, y que puede ser encontrado en la ciudad debido a la presencia de un gran parque automotor, por tales motivos como se sabe que el centro es un punto crítico por la cantidad de carros que circulan a diario en esta zona se escogió analizar las concentraciones de benceno,



adicionalmente se sabe que un trabajo de titulación anterior se determinaron niveles de benceno en una zona del centro de la ciudad de Guayaquil, por tal motivo en este trabajo se plantea el propósito de abarcar un área mayor, para efectuar una investigación complementaria en una zona aledaña a la ya estudiada además de estudiar la concentración de benceno en los combustibles que actualmente se están empleando, debido a que son una fuente importante de benceno en el ambiente.

## **1.2 Justificación**

El benceno es un compuesto que se puede encontrar dentro de procesos industriales para la fabricación de detergentes, pesticidas, plásticos, etc, por consiguiente, estos mismos procesos industriales son los que llegan a la atmósfera fácilmente debido a la volatilidad del benceno. Adicionalmente se conoce que los automotores generan con el uso de combustibles como la gasolina (en todas sus presentaciones que existen en el país: Gasolina Súper, Gasolina Extra y Gasolina Ecopaís) grandes concentraciones de benceno de los cuales se desconocen valores que entran a la atmosfera.

Esta investigación surge como una necesidad de conocer más a fondo que sucede dentro del área a estudiar, debido a que en el área seleccionada se encuentran los corredores viales de la ciudad para unir el norte y el sur, con el fin de comparar los resultados con las normativas vigentes en el país.

## **1.3 Objetivos**

### **1.3.1 Objetivo General**

Evaluar la calidad del aire respecto a las concentraciones de benceno en la ciudad de Guayaquil, en una zona complementaria del centro de la urbe para determinar los niveles y compararlos con las normas vigentes, así como de los niveles de combustibles de mayor uso por parte de los automotores para proponer medidas eficientes de control.

### **1.3.2 Objetivos específicos**

- 1.- Realizar mediciones de las concentraciones de benceno en el aire en un nuevo sector del centro de la ciudad de Guayaquil.
- 2.- Efectuar mediciones de las concentraciones de benceno en combustibles comercializados en la ciudad de Guayaquil.
- 3.- Evaluar los datos obtenidos y determinar sus niveles respecto a las normas ambientales vigentes.

### **1.4 Alcance**

Formular y ejecutar un programa de mediciones de los niveles de benceno en cuatro estaciones nuevas y complementarias, ubicadas en el sector central de la ciudad de Guayaquil y de niveles de benceno en combustibles de mayor consumo en la ciudad de Guayaquil.

Con estas mediciones se plantearán recomendaciones para la autoridad competente sobre este tema, para de esta manera poner sobre aviso cuan peligroso puede ser la falta de atención y regulación contra las emisiones de este compuesto.

## **2. CAPITULO II**

### **2.1 Marco Teórico**

### **2.2 Reseña histórica**

En 1825, el científico inglés Michael Faraday, quien fuera director del laboratorio de la Real Sociedad de Londres; descubrió el benceno, como resultado de investigaciones de “gas portable”, el cual era usado para proporcionar alumbrado a la ciudad de Londres. La investigación surgía debido a que en invierno tenían dificultades porque el gas de origen animal (provenía de animales marinos como focas y ballenas) no era capaz de producir llamas. Al aislar el gas se dio cuenta que por el frío, este se condensaba y se almacenaba en el fondo en forma de líquido incoloro y aromático.

Sin embargo, a pesar de este descubrimiento, no fue hasta años posteriores que se pudo obtener una estructura molecular para este compuesto, aunque ya se conocía su fórmula química. Debido a que para su descubrimiento la química orgánica apenas empezaba a desarrollarse, esta se dividía en dos tipos: los hidrocarburos aromáticos (poseen fragancias) y los alifáticos (grasos).

A lo largo de 40 años, el benzol como también se lo conoce se había manufacturado a grandes escalas, adicionalmente se desconocía su estructura molecular. Alrededor del año 1865, sería el científico Friedrich August Kekulé, quien desarrollo la teoría estructural de la química orgánica, a través de un sueño donde podía ver como los átomos de carbono se combinaban y formaban cadenas. Adicionalmente luego de 7 años tiene un sueño con el Ouroborus, al ver en medio del sueño la serpiente le llego la idea de que el benceno lleva un anillo en la figura molecular.

Con todas estas aportaciones que sirvieron para que la humanidad conozca las utilidades de este compuesto, este se ha convertido en unos de los principales componentes en diferentes procesos industriales. El benceno sirve para la fabricación de plástico y para sintetizar otros compuestos

derivados, entre varios de los productos que se pueden elaborar se encuentra la gasolina, el detergente, pesticidas y lubricantes.

### 2.3 Características

Este compuesto resultó de una experimentación en el siglo 19 y en la actualidad es uno de los compuestos más usados por el hombre para sintetizar productos de utilidad diaria. Además de que se puede encontrar como parte natural del petróleo, gasolina y en altas cantidades en el humo del cigarrillo. Sin embargo, es un producto de origen natural que se sintetiza a través de procesos naturales como la erupción de volcanes. Consecuentemente con lo mencionado se sabe que las mayores cantidades de emisión del benceno en el aire se han generado por las actividades humanas y su descontrolado uso; de tal manera que se lo ha clasificado como un hidrocarburo genotóxico y cancerígeno para el ser humano lo que no hace posible recomendar niveles seguros de exposición para la salud humana

El benceno o benzol es un hidrocarburo volátil, incoloro, de aroma dulce, e inflamable que se evapora rápidamente en la atmósfera terrestre. Como todo compuesto químico posee características y propiedades físicas y químicas establecidas por diferentes estudios y análisis que se han realizado a través de los años desde su descubrimiento.

<b>Formula Química</b>	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>
<b>Masa Molecular</b>	78,1 g/mol
<b>Densidad</b>	0.8765(20) g/cm <sup>3</sup>
<b>Punto Fusión</b>	5,5 °C
<b>Punto de ebullición</b>	80,10 °C
<b>Solubilidad en agua</b>	0,8 g/L (15°C)
<b>Estructura</b>	Forma hexagonal y cerrada

<b>Viscosidad Absoluta</b>	0,601 cP
<b>Características Físicas</b>	Transparente, volátil, altamente inflamable, líquido, incoloro, insoluble en agua, soluble en compuestos orgánicos
<b>Características Químicas</b>	Reacciones de sustitución, híbrido de resonancia, estabilidad

*Tabla 1 Características del Benceno*

*Tomado de <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Benzene>*

## **2.4 Derivados del benceno y sus usos en industrias**

El benceno se utiliza para procesos industriales, dentro de estos usos se puede nombrar la fabricación de pesticidas, detergentes, fabricación de acero, y también en derivados del petróleo como la gasolina, etc. Es decir que es un compuesto que se puede encontrar fácilmente en los productos, incluso se lo puede obtener accidentalmente dentro de los procesos mencionados, por lo que su producción no es balanceada.

Del benceno se pueden producir varios compuestos que han sido por la IUPAC (International Union of Pure and Applied Chemistry, en inglés), de los cuales en este trabajo se mencionan los más comunes para el uso industrial, se utiliza estos compuestos desde la conservación de alimentos hasta la fabricación de gasolinas. Entre los compuestos más comunes se tiene, cumeno, estireno, poliestireno, fenoles, tolueno, ácido benzoico y etilbenceno. Es por esto que la producción de benceno como producto del uso industrial se da en grandes cantidades que resultan imposible regular.

De acuerdo a Jeffrey S. Plotkin en un artículo de sitio web, el especifica que para el 2015 la demanda estimada de producción de benceno fue de 46 millones de toneladas. Y que dentro de esta producción se tiene que la mayoría del benceno se utiliza para producir etilbenceno, el cual es el precursor de la producción del monómero de estireno el cual sirve para

producir productos como el poliestireno que se usa para empaques de alimentos. Y otro de los productos más obtenidos es el cumeno, el cual se utiliza para la producción de fenol y acetona. Dentro del mismo artículo mediante un gráfico se señala todos los elementos que se forman a partir del benceno y los porcentajes que representan. Además, se señala que el benceno se encuentra naturalmente en los productos derivados del petróleo (por ejemplo, el petróleo crudo y la gasolina) y también se agrega a la gasolina sin plomo por sus propiedades de aumento de octano y anti-detonación. Por lo general, la concentración de benceno en estos combustibles es de 1 a 2% por volumen. (Plotkin, 2015).

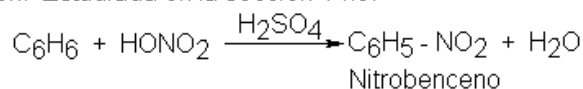
## 2.5 Reacciones del benceno

Entre las propiedades químicas del benceno se tiene las reacciones, de las cuales una de las más comunes y simples son las reacciones de sustitución de un anillo de carbono. La sustitución electrofílica tiene entre sus varias formas la halogenación, nitración, sulfonación, Síntesis de Friedel y Crafts, Alquilación y Síntesis de Wurtz – Fitting.

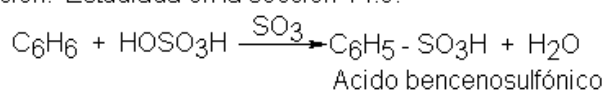
### REACCIONES DEL BENCENO

---

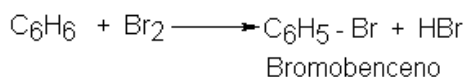
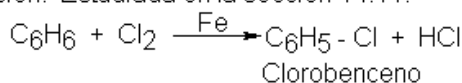
1. Nitración. Estudiada en la sección 14.8.



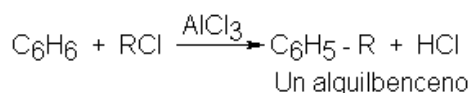
2. Sulfonación. Estudiada en la sección 14.9.



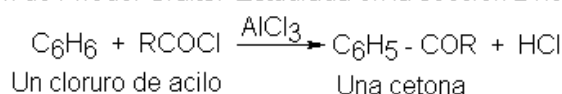
3. Halogenación. Estudiada en la sección 14.11.



4. Alquilación de Friedel-Crafts. Estudiada en las secciones 14.10 y 15.7.



5. Acilación de Friedel-Crafts. Estudiada en la sección 21.5.



*Ilustración 1 Tomado de <http://organica1.org/qo1/Mo-cap13.htm>*

- El proceso de halogenación consiste en el reemplazo de H (Hidrógeno) por un átomo de los elementos halógenos (yodo I, Bromo Br, Cloro Cl y Flúor F), lo que al terminar la reacción proporciona un nuevo compuesto modificado. Mientras que el reemplazo de nitro (-NO<sub>2</sub>) por un proton del anillo del benceno, a partir de esto se puede obtener Nitrobenceno, el cual es usado para la producción de anilina y sus derivados, además de que se puede usar para elaboración de aceites lubricantes, este compuesto tiene una alta toxicidad que ha sido testada desde hace más de un siglo, siendo las vías principales hacia el organismo la dermis y vías respiratorias.
- La sulfonación se entiende por la introducción de un ácido sulfónico a un compuesto orgánico, en este caso el benceno, donde el agente común es el ácido sulfúrico, por sus propiedades este agente es el más deseado para realizar la sustitución. Mientras que la Síntesis de Friedel y Crafts, es la sustitución de un átomo de hidrogeno (H) por un alquilo, normalmente el agente es el AlCl<sub>3</sub>.
- Y finalmente se tiene Síntesis de Wurtz – Fitting, este proceso se caracteriza por muy parecido a la síntesis de alquilación, solo que se utiliza derivados de halógenos con sodio metálico.

## 2.6 Comportamiento del benceno en el ambiente

El benceno o benzol es un compuesto el cual se puede encontrar en el ambiente, es decir en agua, aire y suelo. Las cantidades, concentraciones o emisiones de benceno en el aire han aumentado a lo largo del tiempo debido a las acciones humanas, como los incendios forestales o procesos industriales, sin embargo este compuesto puede estar presente en el aire debido a procesos naturales propios del equilibrio de los ecosistemas, por ejemplo, dentro de esto se incluye a las erupciones volcánicas. Cuando este hidrocarburo llega al ambiente, este puede reaccionar con otros compuestos y atacar al suelo, aire o agua.

En el aire naturalmente se puede encontrar benceno, como lo son las erupciones volcánicas y los incendios forestales.

“El Benceno existe en la atmósfera en la fase vapor principalmente. El proceso de degradación más significativo de la sustancia es su reacción con los radicales hidroxilos presentes en la atmósfera. Se consultaron estudios de la reacción del Benceno con el Óxido Nítrico en una campana de gases con el fin de determinar el papel del Benceno en la formación fotoquímica de polución. Los resultados mostraron que la sustancia presenta una baja reactividad fotoquímica. Se concluyó entonces que el Benceno probablemente no juega un papel importante en la formación fotoquímica de polución” (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial Colombia, 2003)

Mientras que el benceno puede llegar a las fuentes de agua a través de los desechos industriales o por contaminaciones de liberaciones de gasolina, este al ser un compuesto volátil muchas veces se degrada en el proceso de tratamiento de las aguas, y en la información consultada se detalla lo siguiente sobre el tiempo de “vida”

“El Benceno es biodegradable en el agua superficial y subterránea. En ambientes acuáticos la degradación microbiana de la sustancia, está influenciada por muchos factores como la población microbiana, el Oxígeno disuelto, los nutrientes, inhibidores, temperatura y pH. Estudios consultados reportaron un valor de vida media para el Benceno en el agua superficial (agua de río) y subterránea de 16 y 28 días respectivamente. La biodegradación ocurre, con vida media de 8 días, en el agua superficial que contiene nutrientes y microbios. En otros estudios, se observa que bajo condiciones aerobias (pH 5.3, 20 °C) el Benceno se degrada completamente de forma microbiana en 16 días. Este proceso está influenciado por la presencia de otros compuestos aromáticos.” (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial Colombia, 2003)

Adicionalmente el suelo también se contamina por las industrias, derrames de gasolina, sin embargo, por la volatilidad del compuesto en los estratos



superiores este se evapora y se va al aire, mientras que en los estratos inferiores se puede mover con el agua.

Sin embargo, la mayor preocupación es el benceno en el aire, esto porque en este ambiente puede reaccionar con más compuestos químicos y producir sustancias nocivas para la salud, en este ambiente se propaga con facilidad por su volatilidad, lo que lo hace más accesible para el contacto con los seres humanos sea por inhalación contacto en la dermis o por ingesta del mismo; siendo la inhalación del benceno la más peligrosa debido a que llega a los pulmones y su exposición sin causar riesgo debe ser menor a quince minutos.

## **2.7 Exposición humana**

El benceno como se sabe es un compuesto descubierto y sintetizado desde hace muchos años, y se conoce varios derivados del mismo que se pueden obtener a través de varios procesos químicos, a su vez el benceno es usado en procesos industriales para sintetizar productos de distinta categoría, su uso es variado y sus cantidades de emanación hacia el aire resultan incontrolables para las entidades ambientales reguladoras. Así como el compuesto es de gran utilidad, es a su vez un producto de alto riesgo tóxico, porque al evaporarse en el aire este puede entrar en contacto con el ser humano fácilmente debido a que puede ser inhalado o puede ser absorbido por la dermis; los órganos del ser humano pueden verse afectados notablemente si se expone a altas cantidades de benceno seguidamente. Los más vulnerables son los trabajadores industriales, porque se exponen a altas concentraciones todos los días, de tal manera se han realizado investigaciones determinando a través de biomarcadores, los contenidos de benceno en el cuerpo para evaluar a largo plazo cómo se comporta el benceno. Sin embargo, debería ser prioridad conocer los valores diarios a los que se puede estar expuesto, debido a que en el aire es fácilmente encontrarlo por procesos industriales o por procesos naturales propios de la regulación de ecosistemas del planeta.

Por la preocupación de concientizar a la población sobre la calidad del aire y todos los contaminantes que ponen en riesgo a la salud, varias

organizaciones como la Organización Mundial de la salud presentan informes sobre la toxicidad, la exposición del benceno para los individuos, y otras entidades como la Agencia para Sustancias Tóxicas y registro de enfermedades del gobierno de los Estados Unidos de Norteamérica, han provisto regulaciones para las emanaciones de benceno en grandes cantidades.

## **2.8 Contaminación del aire**

La industrialización y modernización de la sociedad ha aportado grandes contribuciones en tecnología, medicina, industrias, etc. Sin embargo, como toda acción siempre hay una reacción. Dentro de todos los avances logrados, los efectos negativos que se han generado son los muy comentados “calentamiento global” y “contaminación del aire”, estos términos están relacionados debido a que la contaminación del aire ha provocado que la luz solar entre más a la atmosfera y provoque esto.

Se le llama contaminación del aire a todos los compuestos nocivos que se han introducido por efecto de emisiones de subproductos que son parte de procesos industriales para obtener distintos productos de uso diario. Estos compuestos pueden tener efectos negativos para los seres vivos y el medio ambiente. Entre varios de los efectos se puede tener afectación en las vías respiratorias y a largo plazo provocar enfermedades degenerativas por inhalar sustancias tóxicas.

Organizaciones como la Organización Mundial de la Salud (OMS) realizan estudios de monitoreo de calidad del aire para evaluar los efectos que estos tienen en la sociedad y para establecer medidas de control que puedan salvaguardar la salud de los seres humanos, por ejemplo, la OMS señala que el riesgo principal es el material particulado con diámetros de alrededor de micras, que son consecuencia de la quema de combustibles fósiles. Además, señala que:

“Hay efectos de la contaminación del aire sobre la salud a corto y largo plazo, siendo la exposición a largo plazo y de larga duración la más significativa para la salud pública. La mayoría de las muertes atribuibles a la

contaminación atmosférica en la población general están relacionadas con las enfermedades no transmisibles. En efecto, el 36% de las muertes por cáncer de pulmón, el 35% de la enfermedad pulmonar obstructiva crónica (COPD), el 34% de los accidentes cerebrovasculares y el 27% de las cardiopatías isquémicas son le atribuyen a la contaminación atmosférica. Sin embargo, el mayor impacto es sobre la mortalidad infantil, ya que más de la mitad de las muertes de niños menores de 5 años por infecciones agudas de las vías respiratorias inferiores (ALRI) son debidas a partículas inhaladas por la contaminación del aire interior producto del uso de combustibles sólidos” (Organización Panamericana de la Salud, 2014)

Dentro de estos estudios se ha detectado que el dióxido de carbono, monóxido de carbono, dióxido de azufre, clorofluorocarburos, metano, metales pesados, etc. Son varios de los agentes contaminantes que se pueden encontrar en altas concentraciones, todos estos se los ha identificado como agentes alteradores del equilibrio de la atmosfera, las emisiones descontroladas han sido identificadas como los causantes de provocar enfermedades y alterar los ecosistemas para la flora y fauna del planeta.

## **2.9 Calidad del aire**

Para poder identificar los contaminantes del aire, primero se debe conocer a que se refiere la calidad del aire. Entre los recursos consultados en la web se buscó sobre una definición de calidad de aire, respaldada por alguna autoridad medio Ambiental ya sea europea o norteamericana, y lo que se pudo encontrar fueron definiciones no respaldadas por alguna autoridad. Y entre esta información se puede concluir que calidad del aire se refiere a un aire limpio y sin contaminantes, o que respete los valores permisibles para que este cumpla con la idoneidad para el desarrollo de la vida humana. Es decir, a normalizaciones que miden la cantidad de contaminantes y sus valores tolerables y admisibles que no afecten a los seres humanos.

Se sabe que el aire es un recurso del cual muy pocas normativas, regulaciones y acciones se tienen para evitar su contaminación, esto se debe a que resulta difícil manejar este tema entre las naciones porque se lo

considera como un recurso de uso común, sobre el cual es muy difícil tener jurisdicción. Sin embargo, la preocupación por la contaminación del aire, se han realizado investigaciones para determinar la calidad del mismo, mediante mediciones del contenido de sustancias en el aire.

La calidad del aire se mide en valores de concentración de contaminantes y de acuerdo a James R. Mihelcic y Julie Beth Zimmerman en su libro Ingeniería ambiental: fundamentos, sustentabilidad, diseño. Señalan que existen 6 compuestos totalmente identificados como contaminantes debido a que son muy comunes o que su alto contenido puede causar daños a la salud humana. Estos seis compuestos son: ozono, material particulado, dióxido de azufre, dióxido de nitrógeno, Monóxido de Carbono y plomo.

**Tabla / 12.4**

Estándares de calidad del aire para indicadores de contaminación			
Indicador de contaminación	Organización Mundial de la Salud (OMS)*	Agencia de Protección Ambiental (EPA)	Junta de Recursos del Aire de California (CARB)
Ozono (O <sub>3</sub> )	0.05 ppm <sub>v</sub> (promedio de 8 h)	0.075 ppm <sub>v</sub> (promedio de 8 h)	0.07 ppm <sub>v</sub> (promedio de 8 h)
Monóxido de carbono (CO)	9 ppm <sub>v</sub> (promedio de 8 h) 26 ppm <sub>v</sub> (promedio de 1 h)	9 ppm <sub>v</sub> (promedio de 8 h) 35 ppm <sub>v</sub> (promedio de 1 h)	9 ppm <sub>v</sub> (promedio de 8 h) 20 ppm <sub>v</sub> (promedio de 1 h)
Dióxido de nitrógeno (NO <sub>2</sub> )	0.023 ppm <sub>v</sub> (promedio anual)	0.053 ppm <sub>v</sub> (promedio anual)	0.030 ppm <sub>v</sub> (promedio anual)
Dióxido de azufre (SO <sub>2</sub> )	0.007 ppm <sub>v</sub> (24 hr average)	0.14 ppm <sub>v</sub> (24 hr average)	0.04 ppm <sub>v</sub> (24 hr average)
Plomo (Pb)	0.5 µg/m <sup>3</sup> (promedio anual)	1.5 µg/m <sup>3</sup> (promedio trimestral)	1.5 µg/m <sup>3</sup> (promedio mensual)
Material particulado respirable (PM <sub>10</sub> )	50 µg/m <sup>3</sup> (promedio de 24 h)	150 µg/m <sup>3</sup> (promedio de 24 h)	50 µg/m <sup>3</sup> (promedio de 24 h)
Material particulado fino (PM <sub>2.5</sub> )	25 µg/m <sup>3</sup> (promedio de 24 h) 10 µg/m <sup>3</sup> (promedio anual)	35 µg/m <sup>3</sup> (promedio de 24 h) 15 µg/m <sup>3</sup> (promedio anual)	35 µg/m <sup>3</sup> (promedio de 24 h) 12 µg/m <sup>3</sup> (promedio anual)

\*Límites recomendados.

*Ilustración 2 estándares de calidad del aire para indicadores de contaminación Tomado del libro James R. Mihelcic y Julie Beth Zimmerman en su libro Ingeniería ambiental*

El Gobierno de los Estados Unidos de Norteamérica ha establecido leyes como la “La Ley Del Aire Limpio” en 1955 para proteger a los ciudadanos de peligrosos contaminantes, el cumplimiento de esta ley está a cargo de EPA por sus siglas en ingles que significa Environmental Protection Agency, esta agencia regula la cantidad de emisión de contaminantes por parte de las industrias con el fin de brindar mejor calidad de aire a los ciudadanos, desde sus inicios y a través de programas específicos de acuerdo a lo consultado

los propósitos de esta agencia se han cumplido por ejemplo se ha reducido la emisión de CO<sub>2</sub> o que se haya empezado a usar gasolina de mejor calidad. Para esta nación es preocupante debido a que los datos que emite la Organización Mundial de La Salud (OMS), en sus cifras demostró que las enfermedades provocadas por la contaminación del aire han matado a niños y adolescentes.

En la actualidad es de vital importancia que cada ciudad, país tenga este tipo de estándares para medir la calidad del aire que se respira. Porque debido a los diferentes contaminantes que son emitidos a diario la salud de las personas se puede ver afectada seriamente, entre todos los contaminantes se encuentran los hidrocarburos donde el benceno es uno de los más peligrosos que produce enfermedades mortales, por lo que hace importante monitorear continuamente el aire que se respira y así elaborar estándares de calidad, estos son normativas que se utilizan para buscar la mejora en el manejo de contaminantes que se emiten hacia la atmosfera, como los que han elaborado la OMS o EPA.

## **2.10 Contaminantes peligrosos del aire**

Como se mencionaba en el apartado anterior en ciertos países se debe cumplir con las regulaciones de entidades especializadas en control y mitigación de contaminantes al aire, de tal manera que estas agencias reguladoras han determinado varios compuestos como tóxicos y peligrosos en estos se señala a los hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP).

“Las fuentes de HAP incluyen unas cuantas fuentes naturales, por ejemplo, los volcanes y los fuegos forestales. También, muchos HAP orgánicos están presentes en el escape de los vehículos. Las fábricas, refinerías y plantas de energía pueden liberar metales y orgánicos. Los pesticidas pueden ser llevados por el aire desde los campos agrícolas. Los radionúclidos pueden ser liberados por accidente de las plantas nucleares o intencionalmente con la detonación de armas radioactivas” (Mihelcic & Zimmerman, 2011)

De acuerdo a las fuentes consultadas entre los más comunes de los compuestos de los HAP se tienen a los derivados del benceno, y la Agencia

para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades de los Estados Unidos (ATSDR), para 1995 esta agencia publicó un paper sobre los HAP sus efectos, derivados, lo que estos compuestos causan en el organismo de los seres humanos, los exámenes médicos que permiten conocer si algún individuo ha estado expuesto un listado donde se nombran a los más comunes y de los cuales se tiene mayor información:

	<b>Hidrocarburos aromáticos</b>
1	acenafteno
2	acenaftileno
3	antraceno
4	benzo[a]antraceno
5	benzo[a]pireno
6	benzo[e]pireno
7	benzo[b]fluoranteno
8	benzo[g,h,i]perileno
9	benzo[j]fluoranteno
10	benzo[k]fluoranteno
11	criseno
12	dibenzo[a,h]antraceno
13	fluoranteno
14	fluoreno
15	indeno[1,2,3-c,d]pireno
16	fenantreno
17	pireno

*Tabla 2 Tabla de los Hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP), tomado de [https://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es\\_phs69.html](https://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es_phs69.html)*

(Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades , 1995)

## **2.11 Los Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos**

“El benceno es un hidrocarburo de fórmula molecular C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>, con forma de anillo, conocido como anillo bencénico o aromático, ya que posee un olor característico. En este anillo cada átomo de carbono ocupa el vértice de un hexágono regular.” (Instituto Catalán de Oncología, 2009)

De acuerdo lo citado las características químicas y biológicas se determinan por los anillos de carbono y esto al final puede tener incidencia en los efectos sobre la salud.

Los HAP son diversos y existen varias clases que se pueden encontrar en el medio ambiente y los seres humanos no están expuestos a los compuestos simples sino a una mezcla de compuestos que pueden ser perjudiciales, por esta razón en España la página de la Unión General de Trabajadores publicó en el año 2010 un análisis sobre los HAP y en este se mantiene el listado de los 17 compuestos de los HAP de la ATSDR, y que en este listado se tienen a los a los más comunes, a los que mayores efectos nocivos tienen, a los que mayor probabilidad de exposición existe.

Estos se forman a consecuencia de una combustión incompleta, por la poca presencia de oxígeno, dando formación a la pirólisis. Teniendo como fuentes diversas formas de formación, por ejemplo, se tiene origen antropogénico o fuentes naturales.

## **2.12 Actividades industriales con alta exposición a HAP**

Como se mencionó en los otros apartados se identificó que los procesos industriales es el que genera mayores emisiones de contaminantes, sin embargo, dentro de las actividades industriales la actividad metalúrgica es la que más concentra mayores concentraciones de HAP. La siderurgia, cuyo objetivo principal es la obtención del acero, que es una aleación de acero y carbono, las acerías usan hornos altos para la fabricación del producto, estos hornos demandan la utilización de grandes cantidades de coque, este es un combustible utilizado en los hornos que se produce por la destilación de carbón bituminoso a temperaturas de 500 a 1100 °C sin contacto con el aire; como consecuencia de los procesos de transformación de los carbones minerales en coque se sabe que:

“Entre los productos de descomposición se encuentran inicialmente agua, óxidos de carbono, sulfuro de hidrógeno, compuestos aromáticos, parafinas, olefinas, compuestos fenólicos y compuestos nitrogenados, y diversos compuestos volátiles como benceno, tolueno y xilenos.” (Agudo, 2010)

Adicional a la fabricación del acero, el coque se utiliza para producir el aluminio por consiguiente al producir y utilizar coque habrá producción de derivados como lo es el benceno, se sabe que para la obtención del aluminio se realiza en dos procesos el primero es la obtención de la bauxita y luego por la electrolisis de la alúmina.

El aluminio y el acero son productos que se utilizan de diversas maneras y que su demanda es alta por lo que las cantidades de coque utilizadas son excesivas y que esto aporta a la emisión de mayores contaminantes a la atmosfera.

### **2.13 Efectos en la salud**

La buena salud es la principal preocupación de las organizaciones internacionales y locales por el bienestar de los seres humanos, por eso diversos estudios se han realizado para conocer lo que pueden provocar las exposiciones de contaminantes ambientales en el hombre. Se sabe que la vía respiratoria es la principal para la absorción de benceno en el organismo, por consumo de alimentos contaminados y de la epidermis también puede absorber esta sustancia y provocar efectos negativos en la salud. Por diversos estudios se ha comprobado que la mayoría de los canceres en los trabajadores de plantas industriales, está asociado al benceno, donde se dice que este contribuye a los canceres asociados a la sangre como es la leucemia, lamentablemente para conocer estos efectos se ha realizado pruebas de laboratorio donde los animales utilizados han muerto a causa de la exposición a grandes cantidades de benceno. Cabe mencionar que las enfermedades y patologías en la etapa reproductiva testada en los animales se vio afectada por la alta exposición al benceno, en los animales estudiados resulto que tuvieron problemas reproductivos y que en estado de gestación el feto padeció de enfermedades congénitas, la misma fuente determina que los efectos en los humanos son poco probables de predecir.

La exposición al benceno produce alteraciones en la sangre, por ejemplo, una persona que ha respirado benceno puede sufrir daños en las células de la sangre, especialmente la medula de huesos. Además de la disminución de



glóbulos rojos, lo cual causa anemia. Además, se conoce que puede afectar el sistema inmunológico lo que aumenta las probabilidades de contraer infecciones. En síntesis, toda exposición de benceno prolongada puede provocar efectos dañinos para el ser humano y aumenta las probabilidades de contraer cáncer debido a que se ha identificado al benceno como un compuesto cancerígeno.

Un estudio realizado en el Reino Unido estimó una dosis diaria de benceno de 70–75  $\mu\text{g}$  / día para no fumadores rurales y 89–95  $\mu\text{g}$  / día para no fumadores urbanos. La dosis diaria aumentó a 116–122  $\mu\text{g}$  / día para fumadores pasivos urbanos y a más de 500  $\mu\text{g}$  / día para fumadores urbanos. Las exposiciones diarias de los niños se estimaron en 15–20  $\mu\text{g}$  / día y 30–40  $\mu\text{g}$  / día para bebés y niños, respectivamente, mientras que la exposición a ETS condujo a una exposición diaria de 26  $\mu\text{g}$  / día y 59  $\mu\text{g}$  / día para bebés urbanos. y los niños, respectivamente. La mayoría de las exposiciones infantiles se produjeron en el hogar.

#### **2.14 Niveles permisibles**

Se habla de niveles permisibles a aquellas concentraciones de contaminantes que no representan riesgos para la salud de los seres humanos o para especificar límites aceptables y tolerables para la salud de los seres humanos; ciertas instituciones públicas a nivel mundial manejan ciertos estándares para los diferentes tipos de contaminantes, entre los cuales se pueden encontrar tablas de concentraciones para el benceno. Para este trabajo se utilizó la tabla de niveles permisibles del benceno elaborada por la Consejería de Salud de la Región de Murcia, aunque se hable de límites para este contaminante no se debería de hablar de “rangos permisibles” porque toda sustancia patógena resulta peligrosa o mortal para el hombre.

Concentración de benceno	Efecto
0,17 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (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 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (0.00053 ppm)	Concentración en aire asociadas con un aumento del riesgo para toda la vida por leucemia de 1/100.000
17 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (0.00532 ppm)	Concentración en aire asociadas con un aumento del riesgo para toda la vida por leucemia de 1/10.000
3.200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (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.
No puede ser recomendado ningún nivel seguro de exposición	

Tabla 3 Fuente (Consejería de Salud de la Región de Murcia, 2002)

## **2.15 Calidad del aire en la ciudad de Guayaquil**

La ciudad de Guayaquil es el área donde se establece el presente trabajo, y dentro del área urbana y céntrica de la ciudad se elige las zonas más críticas de circulación vehicular para realizar las mediciones.

De la información consultada se obtuvo de los diarios “El Universo” y Expreso, que en el año 2005 se realizó un artículo para referirse a los puntos críticos de un estudio de contaminación ambiental, allí se identificaron las zonas más críticas para la ciudad. En el estudio se determinó 25 puntos críticos para la contaminación, donde siete de estos están ubicados dentro de la parte céntrica de la urbe porteña, y no es para menos pensar que la situación en la actualidad continua debido a que estas zonas se han convertido en conflictivas debido a que el tráfico de la ciudad ha crecido y a nuevos direccionamientos de las avenidas y calles que conducen el tráfico en los sentidos Norte – Sur y Sur – Norte, los vehículos particulares más los buses que han sido desplazados por el sistema de transporte masivo Metrovia, implementado en el 2006, estas unidades de transporte urbano han tenido que transitar por “corredores viales” creados por la Agencia de Tránsito Municipal (ATM) en su afán de mejorar el tránsito de la ciudad. Entre los corredores viales tenemos las calles Esmeraldas y Los Ríos y las avenidas 9 de octubre, Quito y Machala sirven para la movilización de los vehículos particulares.

La ciudad de Guayaquil, por parte del Municipio y la dirección de Ambiente, por la inminente preocupación han desarrollado la creación de una red de Monitoreo, con la implementación de 18 estaciones para medir la calidad del aire, el Municipio planea tener completa la red de estaciones para el 2020 y sus planes de expandir las mediciones fuera del casco urbano para el 2025. Sin embargo, entre lo publicado por diario “Expreso” en Julio del 2018, solo había una estación instalada en Vía a la costa, en 2016 se había anunciado la implementación total de la red. Entre las opiniones de los especialistas, se aseguraba que la mejor ubicación de las estaciones, debe ser en el área donde mayor concentración de smog haya, esto reafirma que la zona céntrica es más contaminada, por ser la zona comercial, donde mayor

circulación de vehículos existe, y porque en el año 2005 se identificó que el parque automotor de la ciudad influye mucho en las emisiones de contaminantes.

(Redacción Expreso, 2018 )

## **2.16 Leyes ambientales del Ecuador**

En el Ecuador la institución encargada del control y regulación de los recursos naturales es el Ministerio del Ambiente (MAE), esta cartera del estado fue creada en 1996 y es la encargada de hacer cumplir las normativas y de sancionar a los que incumplan con la protección de los recursos del país. Mientras lo que respecta al marco legal se tiene como principio la Constitución de la República del Ecuador, la cual es una de las constituciones más garantistas de derechos, donde por primera vez se incluye la protección a la naturaleza dentro del territorio ecuatoriano, esto se encuentra en el Título VII del Régimen del buen Vivir, esta constitución fue redactada en Ciudad Alfaró, Montecristi, en el Año 2008 y se encuentra vigente desde el año 2008 hasta la actualidad. No obstante, esta normativa no incluye el cuidado y protección del recurso aire algo que debería ser reformado debido a que son varios los contaminantes que pueden afectar a la sociedad y se debería garantizar el derecho a tener un recurso mejor cuidado.

Siguiendo el orden jerárquico de las leyes de nuestro país los códigos, leyes, reglamentos y normativas también funcionan como medidas preventivas y reguladoras que deben cumplirse por ejemplo para los temas de contaminación ambiental se tiene La Norma de Calidad Del Aire, la cual establece los límites máximos permisibles de contaminantes (Anexo 4, Libro VI, De la Calidad Ambiental), la cual fue reformada en 2015, dentro de esta normativa se identifica al benceno como un compuesto cancerígeno, cuyo máximo nivel permisible es de 5 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Esta normativa, busca proteger la salud de los seres humanos, proteger el bienestar de los ecosistemas y ambiente en general.

La norma de calidad del aire identifica como contaminantes a los compuestos que interfieren con el confort, salud y bienestar de los seres humanos o ambiente, de lo cual identifican a los seis principales contaminantes estandarizados por la OMS mientras que a los compuestos como el benceno lo identifica como un compuesto no convencional cancerígeno, que será medido con promedios aritméticos en períodos establecidos. ( Ministerio del Ambiente, 2011)

En un breve resumen se puede describir al benceno como un compuesto incoloro, volátil, inflamable y con aroma dulce obedeciendo a su clasificación de hidrocarburo aromático; este se puede encontrar en el aire como producto o consecuencia de procesos industriales, como componente del petróleo y sus derivados, humo de cigarrillo e incluso por procesos naturales como incendios forestales y erupciones volcánicas, estas fuentes naturales son fuentes de emisión menor. Se conoce que este compuesto en altas concentraciones al ser inhalado puede ser perjudicial para la salud y a largo plazo puede resultar en leucemia.

## **2.17 Metodología de medición de Benceno**

### **2.17.1 Muestras de aire**

Para la medición de concentraciones de benceno en el aire se lo puede realizar con tubos detectores los cuales recolectan muestras de aire al absorber o a atrapando aire en este contenedor. Estas muestras tomadas se pueden analizar a través de Cromatografía de gases donde los compuestos volátiles se transfieren de una muestra de aire adsorbente al cromatógrafo de gas por extracción con un solvente no polar o por desorción térmica.

### **2.17.2 Monitores en tiempo real**

Se la llama mediciones de tiempo real a aquellas muestras que se pueden tomar con varios muestreadores en línea, en tiempo real o casi en tiempo real para proporcionar información temporal de las concentraciones de benceno.

Se mide a nivel de ppm las concentraciones de benceno utilizando un láser de diodo infrarrojo medio con un espectrofotómetro de haz único de infrarrojo

de transformada de Fourier (FTIR), este tipo de equipos ofrecen una idea de las concentraciones porque a pesar de la tecnología que utilizan son mediciones que no poseen confiabilidad en la precisión de sus mediciones.

### **2.17.3 Mediciones de biomarcadores.**

Las mediciones de biomarcadores se refiere a los análisis que se realizan a los seres humanos para establecer las concentraciones de benceno en el cuerpo humano. Esto incluye la exposición al benceno incluyen el benceno no metabolizado en la sangre, el aliento y la orina, los metabolitos del benceno en orina y los aductos de benceno en el ADN, la hemoglobina y la albúmina.

Para el benceno no metabolizado en sangre y orina requieren un paso de extracción que generalmente es seguido por cromatografía de gases y espectrometría de masas para separar el benceno de otros constituyentes volátiles en la muestra, y para su identificación y cuantificación. (Weisel\*, 2010)

## **2.18 Estándares e instrumentos de medición de Benceno**

### **2.18.1 Instrumentos de medición**

La selección de instrumentos de medición para las concentraciones de benceno se basa en un triángulo estratégico definido por calidad, costo y tiempo. A calidad se refiere a la precisión que se desea obtener en los resultados, tiempo porque se pueden obtener resultados in situ lo que permite la evaluación rápidamente y ahorra tiempo mientras se espera los resultados de laboratorio y costo también porque dependerá de la frecuencia que se necesiten las mediciones y se escoge la opción que resulte más económica. De acuerdo a esto se tienen los siguientes métodos para obtener mediciones de benceno: (En Colombia, 2019)

### **2.18.2 Colectores Pasivos**

Los colectores pasivos o de difusión (denominados "insignias") consisten en un medio de recolección, como carbón activo, y una tira colocada. Ante él

que está en contacto con el aire circundante. Si la exposición de una persona necesita ser monitoreada, luego un colector pasivo se sujeta a la ropa en el área de inhalación. Debido a la relativamente baja Concentraciones de sustancias en el aire de habitaciones interiores, toma de muestras. Se pueden requerir tiempos de un día a varias semanas para identificar Sustancias en el rango de concentración relevante. La placa se evalúa en el laboratorio, mientras que las sustancias recogidas se evalúan. Selectivamente, en cualquier caso, solo los valores medios pueden ser registrados y los picos de exposición están incluidos en el valor promedio.

### **2.18.3 Tubos detectores**

Los tubos detectores se pueden usar para detectar benceno de manera precisa, rápida y económica. Medir el benceno usando tubos detectores es rápido y simple. Los no expertos pueden operar los tubos fácilmente con una bomba de mano. Es por eso que los tubos detectores son adecuados para el análisis de aire en tanques y contenedores y para detectar fugas. También es posible usarlos para medir contaminaciones en ciertas áreas de trabajo y detectar concentraciones máximas.

### **2.18.4 Sistema de medición con chip**

Los sistemas de medición con chip son útiles equipos que se pueden realizar en sitio, este tipo de medición combina las ventajas de los tubos con las de un sistema de evaluación optoelectrónico. La medición se realiza utilizando una sustancia específica. Las mediciones pueden ser proporcionadas en pocos minutos alrededor de uno a diez minutos el analizador proporciona el resultado: cuanto más baja sea la concentración, más tiempo tomará la medición. Se pueden medir dos rangos: 0.05 a 2.5 ppm o 0.2 a 10 ppm.

### **2.18.5 Cromatógrafo de gas**

Un cromatógrafo de gases (GC) mide el contenido de varios componentes en una muestra. La solución de muestra inyectada en el instrumento ingresa a una corriente de gas, que transporta la muestra a un tubo de separación

conocido como "columna". Se utiliza helio o nitrógeno como este llamado gas portador. Los componentes están separados dentro de la columna y un detector mide la cantidad de componentes que salen de la columna. Para medir una muestra con una concentración desconocida, se inyecta una muestra estándar con una concentración conocida en el instrumento. El tiempo máximo de retención de la muestra estándar (tiempo de aparición) y el área se comparan con la muestra de prueba para calcular la concentración.

#### **2.18.6 Mediciones con estándares NIOSH Y OSHA**

A nivel internacional se cuenta con estándares para calidad del aire donde organizaciones como el Instituto Nacional para la Seguridad y Salud Ocupacional y NIOSH por sus siglas en Ingles y La Administración de Seguridad y Salud Ocupacional OSHA también en inglés, han establecido procedimientos estandarizados para mediciones de contaminantes como el benceno.

NIOSH y OSHA han desarrollado métodos para las mediciones de contaminantes químicos en el aire. De esto se conoce que existen dos tipos de mediciones la directa e indirecta. La lectura directa es la que ofrece resultados inmediatamente y los de lectura indirecta son aquellos con los que se debe recoger una muestra en el punto de interés, para ser llevada a análisis en un laboratorio donde se tendrán resultados posteriores al día de recolección de la muestra.

La medición directa involucra el uso de instrumentación que proporciona resultados in situ, muchas veces estos instrumentos son físicamente pequeños lo que los convierte en elementos portables que califican como artículos de medición personales, lo que ofrece ventajas como reducción de trabajo y costos cuando se necesitan de resultados inmediatos. La aplicación de estos instrumentos es para estudios dentro de zonas laborables. (The National Institute for Occupational Safety and Health, 1994)

Mayor precisión y confiabilidad presentan los métodos de lectura indirecta, debido a que se usan técnicas instrumentales específicas y precisas. La recolección de muestras por muestreos activos, donde el aire es recolectado



en tubos que contienen absorbentes como el carbón activo, luego estas muestras son llevadas a analizar a un laboratorio, donde se utiliza cromatógrafos de gases, aquí se obtienen áreas picos para los rangos estudiados.

Es por esto que NOISH ha elaborado el NMAM (NIOSH Manual of Analytic Methods) por sus siglas en inglés, el cual indica todos los procesos para medir contaminantes, para el benceno específicamente ha desarrollado el procedimiento NIOSH 1501, el cual incluye el perfil de análisis para el grupo BTX-EB: Benceno, tolueno, etilbenceno, o-xileno, m-xileno y p-xileno. Aunque en la muestra estén presentes varios compuestos del grupo BTX-EB, con el método detallado en el manual se puede obtener las concentraciones a pesar de existir una mezcla de componentes.

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

Fuente: NIOSH 2003

Tabla 4 NIOSH 1501: Características analíticas del método.

Sustancia	LOD (mcg /muestra)	Precisión Total	Exactitud Total (±%)
Benceno	0,5	0,059	11,4
Etilbenceno	0,5	0,089	17,1
Tolueno	0,7	0,052	10,9
Xileno (o, m, p)	0,7-0,8	0,060	12,2

Interferencias: La presencia de alcoholes, cetonas, éteres e hidrocarburos halogenados puede ocasionar interferencias

LOD: Limit of detection.

*Ilustración 3 Fuente NIOSH 2003*

## 2.19 Combustibles

Los principales combustibles utilizados en el país son el diésel y la gasolina, la cual existen tres tipos en el país: la gasolina súper, la gasolina extra y la gasolina ecopaís, la cual se distribuye en ciertas zonas del país. En la ciudad de Guayaquil las gasolinas de mayor consumo son la súper y la ecopaís, la cual contiene biocombustible, etanol derivada de la caña de azúcar, la cual se promociona como una de las mejores alternativas para mejorar el octanaje.

Para mejorar el octanaje se utilizan aditivos o compuestos como el benceno para dar productos de calidad que beneficien a los vehículos que los utilicen.

En el Ecuador los estándares de calidad están regulados por las normas INEN, estas normativas incluyen los estándares de calidad que deben cumplir los combustibles, de tal manera Petroecuador, la agencia pública que es la encargada de distribución comercial de los derivados del petróleo, estableció que la gasolina súper tiene un octanaje de 92, la extra un octanaje de 85 y la ecopaís octanaje de 85.

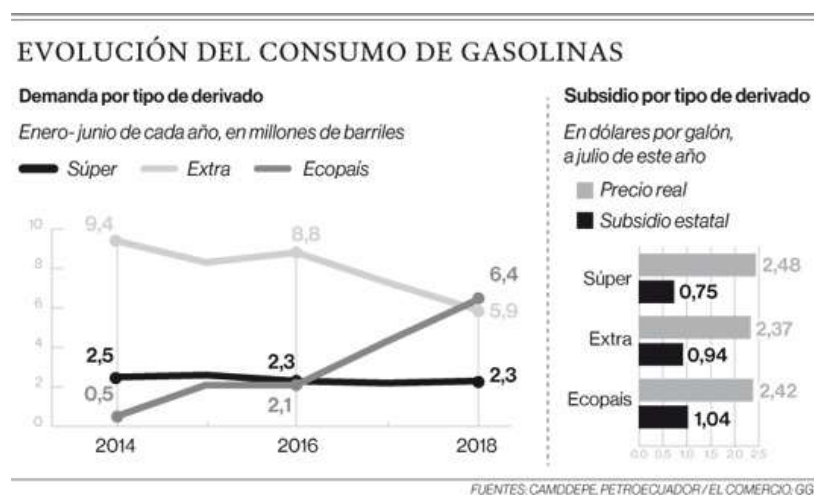


Ilustración 4 Cuadro tomado de <https://www.elcomercio.com/actualidad/ecopaís-gasolina-demanda-subsidios-combustibles.html>

## **2.20 Gasolina**

### **2.20.1 Generalidades**

La gasolina en el país se utiliza principalmente para fines de transportación, usos menores en otros sectores económicos como el industrial.

Este combustible se define como una mezcla de hidrocarburos de color verde que proviene del refinamiento del petróleo. En el Ecuador se puede encontrar tres tipos de gasolinas, las mismas que varían en el octanaje. En el país la institución de la calidad de estos productos es PetroEcuador, para lo cual se tiene el ARCH (Agencia de Regulación y Control de Hidrocarburos), agencia cuyos laboratorios son encargados de realizar todos los ensayos que determinan la calidad de la gasolina.

La calidad de las gasolinas se basa en las normalizaciones establecidas por el INEN, específicamente para las gasolinas se tiene la Norma INEN 395 (PRODUCTOS DERIVADOS DE PETRÓLEO. REQUISITOS GASOLINA. 2016), aquí se puede encontrar que los ensayos se basan en los establecidos previamente por la ASTM (American Society for Testing and Materials por sus siglas en inglés). En la ciudad de Guayaquil el laboratorio encargado de este control es el que está ubicado en la Terminal de Hidrocarburos de Pascuales PetroEcuador.

### **2.21 Medición de benceno en gasolina**

Las muestras de gasolina y las fracciones de petróleo son mezclas muy complejas que contienen cientos de componentes diferentes, de los cuales el benceno es el más dañino.

Las leyes de la comunidad europea especifican un nivel máximo tolerado de 1% (v/v) para este compuesto en gasolina. Las técnicas analíticas para el benceno han avanzado significativamente en los últimos años, y el desarrollo continúa. Las tecnologías modernas incluyen la cromatografía de gases (GC), espectrometría de masas (MS), infrarrojo (IR), ultravioleta (UV), y espectroscopia de fluorescencia, y técnicas combinadas, tales como GC – MS y GC – infrarrojo de transformada de Fourier (FTIR), etc. Entre estas técnicas GC capilar con detección de ionización de llama (FID) y los GC-MS

capilares son los más importantes y más utilizados para el análisis de benceno en gasolina

### 2.21.1 PONA análisis

El análisis PONA es el análisis de mezclas de hidrocarburos por separación y cuantificación de fracciones según el número de carbono o el tipo de hidrocarburo. El análisis se puede realizar en tipos de hidrocarburos, incluida la nafta, un ingrediente principal de los productos derivados del petróleo; gasolina combustible para automóviles; gasolina reformada (reformate), que es un ingrediente básico de la gasolina, y la gasolina craqueada catalíticamente (gasolina FCC).

PONA es un acrónimo de parafinas, olefinas, naftenos y aromáticos.

Method	Technique	Scope	Repeatability		Reproducibility
ASTM 3606	GC-TCD	0.1–5%(v/v) for finished motor and aviation gasoline	Range 0.1–1.5% (v/v)	0.03(X) + 0.01	0.13(X) + 0.05
ASTM 4420	GC-TCD	0.1–5%(v/v) for finished motor gasoline	0.171 × measured value		0.408 × measured value
ASTM 5580	GC-FID	0.1–5%(v/v) for finished motor gasoline	Range 0.14–1.79% (v/v)	0.0265(X <sup>0.65</sup> )	0.1229(X <sup>0.65</sup> )
ASTM 5769	GC-MS	0.1–4% (v/v) for finished motor gasoline; gasoline containing oxygenated blending components	Range 0.09–4.0% (v/v)	0.046(X <sup>0.67</sup> )	0.221(X <sup>0.67</sup> )
IP 425	GC-FID	0.05–6.0% (v/v)	Concentration		
			0.02	0.002	0.003
			0.05	0.04	0.005
			0.1	0.06	0.008
			0.2	0.010	0.013
			0.5	0.019	0.025
			1.0	0.03	0.04
2.0	0.04	0.06			
5.0	0.08	0.11			
EN 12177	GC-FID	0.05–6.0% (v/v) unleaded petrol	Range 0.05–0.15% (v/v)	0.005	0.01
			0.15–1.50% (v/v)	0.03	0.10
			1.50–6.00% (v/v)	0.05	0.25

Ilustración 5 Tabla con normativas ASTM para Análisis PONA

### 3. CAPITULO III METODOLOGIA

#### 3.1 Selección de Puntos de Muestreo

Los puntos de muestreo se establecieron de acuerdo a lo planteado con el fin de investigar zonas aledañas al trabajo anterior en el centro de la ciudad, la selección se basa en las zonas más traficadas de la ciudad:

Punto	Ubicación	Este	Norte
A1	Av. 9 de Octubre y Tungurahua	622762.00 m E	9758228.00 m S
A2	Av. 9 de Octubre y Machala	623436.00 m E	9757984.00 m S
A3	Esmeraldas y Pedro Pablo Gómez	622794.00m E	9757251.00 m S
A4	Lizardo García Y Clemente Ballén	622531.35 m E	9757768.78 m S

*Tabla 5 Puntos de medición del presente trabajo*

En esta zona de la ciudad de Guayaquil se concentra la mayor parte del tráfico, Av. Quito y Av. Machala son la conexión entre el norte y Sur de la ciudad (circulación de vehículos particulares). Además, que las ubicaciones seleccionadas se encuentran cerca de las calles Los Ríos y Esmeraldas que son los nuevos corredores viales establecidos por la ATM para el recorrido de los buses de transporte público.



Ilustración 6 Ubicación de Puntos de Muestreo

Adicionalmente para las mediciones y análisis de combustibles se utilizarán los combustibles que más se utilizan en la ciudad, lo que es la gasolina Súper y la gasolina Ecopais, en el país existen tres tipos de gasolina sin embargo la comercialización de la Gasolina extra en la ciudad es escasa.

Las mediciones a realizar se basarán en el método NIOSH 1501 y el presente método se describe a continuación.

### **3.2 Descripción del Método NIOSH 1501**

#### **3.2.1 Reactivos**

1. Disulfuro de carbono \*, bajo nivel de benceno, calidad cromatográfica.
2. Analitos, grado reactivo.
3. Helio, prepurificado y filtrado.
4. Hidrógeno, prepurificado y filtrado.
5. Aire, prepurificado y filtrado.

#### **3.2.2 Equipos**

1. Muestreador: tubo de vidrio, 7 cm de largo, 6 mm de diámetro exterior, 4 mm de diámetro interno, extremos sellados al fuego, que contiene dos secciones de carbón activado de cáscara de coco (frente = 100 mg, parte posterior = 50 mg) separadas por un tapón de espuma de uretano de 2 mm. Un tapón de lana de vidrio sililada precede a la sección frontal y un tapón de espuma de uretano de 3 mm sigue a la sección posterior. Los tubos están disponibles comercialmente.
2. Bomba de muestreo personal, 0.01 a 1.0 L / min (Tabla 3), con tubería de conexión flexible.
3. Cromatógrafo de gases, FID, integrador y columnas (página 1501-1).
4. Viales de muestreador automático, vidrio, 1,8 ml, con tapones revestidos de PTF.
5. Pipetas, 1 ml y bulbo de pipeta.
6. Jeringas, 10 µl, 25 µl y 250 µl.
7. Matraces volumétricos, 10 ml.

### **3.2.3 Muestreo:**

1. Calibre cada bomba de muestreo personal con una muestra representativa en línea.
2. Rompa los extremos del muestreador inmediatamente antes del muestreo. Conecte el muestreador a la bomba de muestreo personal con tubos flexibles.
3. Muestree a un caudal conocido con precisión entre 0.01 y 0.2 L / min para un tamaño de muestra total como se muestra en la Tabla 3.
4. Tape los muestreadores con tapas de plástico (no de goma) y empaquete de manera segura para el envío.
5. Coloque las secciones sorbentes delantera y trasera del tubo de muestreo en viales separados. Incluya el tapón de lana de vidrio en el vial junto con la sección de sorbente frontal.
6. Agregue 1.0 mL de eluyente a cada vial. Coloque la tapa de crimpado en cada vial inmediatamente.
7. Dejar reposar al menos 30 minutos con agitación ocasional.

### **3.2.4 Calibración y control de calidad:**

8. Calibre diariamente con al menos seis estándares de trabajo desde debajo del LOD hasta 10 veces el LOQ. Si es necesario, se pueden agregar estándares adicionales para extender la curva de calibración.
  - a) Agregue cantidades conocidas de analitos al disolvente de disulfuro de carbono en matraces volumétricos de 10 ml y diluya hasta la marca. Prepare estándares adicionales por dilución en serie en matraces volumétricos de 10 ml. segundo.
  - b) Analice junto con muestras y espacios en blanco (pasos 11 a 12).
  - c) Prepare el gráfico de calibración (área de pico del analito vs.  $\mu\text{g}$  de analito por muestra).
9. Determine la eficiencia de desorción (DE) al menos una vez para cada lote de carbón utilizado para el muestreo en el rango de calibración (paso 8).



- a) Prepare tres tubos en cada uno de los cinco niveles más tres medios en blanco. segundo.
- b) Inyecte una cantidad conocida de solución madre de DE (5 a 25  $\mu\text{L}$ ) directamente en la sección de sorbente frontal de cada tubo de carbón con una jeringa de microlitro.
- c) Permita que los tubos se equilibren al aire durante varios minutos, luego tape los extremos de cada tubo y deje reposar durante la noche. re.
- d) Desorber (pasos 5 a 7) y analizar junto con estándares y espacios en blanco (pasos 11 y 12). mi.
- e) Prepare una gráfica de DE vs.  $\mu\text{g}$  de analito recuperado.

10. Analice un mínimo de tres picos ciegos de control de calidad y tres picos de analista para asegurarse de que el gráfico de calibración y el gráfico DE estén bajo control.

### **3.2.5 Medición**

Ajuste el cromatógrafo de gases de acuerdo con las recomendaciones del fabricante y las condiciones indicadas en la página 1501-1. Inyecte manualmente una cantidad de muestra de 1  $\mu\text{L}$  utilizando la técnica de lavado con solvente o con un inyector automático. Nota: Si el área del pico está por encima del rango lineal de los estándares de trabajo, diluya con solvente, vuelva a analizar y aplique el factor de dilución apropiado en los cálculos.

Para las mediciones de benceno la norma específica que existe 3.52 minutos como periodo de retención.

### **3.2.6 Cálculos**

11. Determine la masa,  $\mu\text{g}$  (corregida para DE) del analito que se encuentra en las secciones de sorbente frontal ( $W_f$ ) y posterior ( $W_b$ ) de la muestra, y en las secciones de sorbente frontal ( $B_f$ ) y posterior ( $B_b$ ) de la media en blanco. NOTA: Si  $W_b > W_f / 10$ , informe el avance y la posible pérdida de muestra.
12. Calcule la concentración,  $C$ , del analito en el volumen de aire muestreado,  $V$  (L):

$$C = \frac{(W_f + W_b - B_f - B_b)}{V}$$

$$\text{Nota: } \mu\text{g/L} = \text{mg/m}^3$$

*Fórmula para el cálculo de concentración de analito en el volumen de aire medido*

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

Para la verificación de valores sobre las mediciones de benceno las tablas que describe el método, ver en el ANEXO 1

### **3.3 Medición de benceno en gasolina**

Las mediciones de benceno en gasolina en el Ecuador se basan en las normas ASTM (D3606, D5580, D6277, D6730) y los estándares se basan de acuerdo a las normas INEN 395, donde se especifica de acuerdo al tipo de Gasolina el contenido máximo de benceno para la Gasolina de 92 Octano (Súper) el límite máximo es 2 %V y para la gasolina Ecopaís el límite es 1 %V.

A continuación, se detallan las metodologías de los cuatro métodos de ensayos que se utilizan en Ecuador para determinar benceno en Gasolina:

#### **3.3.1 ASTM D3606**

Para este método se utiliza un cromatógrafo de gases donde se usan dos columnas con gasolina para la medición además de usar el metil etil cetona (MEK) como referencia estándar. En la primera columna por punto de ebullición es el octanaje el que eluye, mientras que en la segunda columna el portador se invierte y se separa los compuestos ligeros del octano, luego por conductividad térmica y con referencia al MEK los aromáticos son medidos. El rango de medición de los aparatos para el benceno se encuentra entre desde el 0.1% hasta el 5%, sin embargo, este método no puede ser aplicado para gasolinas que contienen etanol. (PerkinElmer Life and Analytical Sciences, 2007)

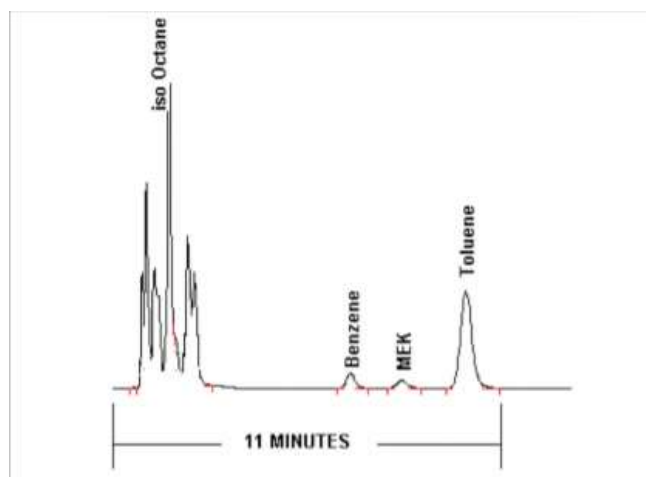


Ilustración 7 Grafico de columnas de gasolina para metodo ASTM 3606 tomada de [https://www.perkinelmer.com/Content/relatedmaterials/productnotes/prd\\_model4013standardmethodastmd3606analyzer.pdf](https://www.perkinelmer.com/Content/relatedmaterials/productnotes/prd_model4013standardmethodastmd3606analyzer.pdf)

### 3.3.2 ASTM D5580

Este método utiliza el cromatógrafo de gases para las mediciones, usa dos columnas para la cuantificación de benceno y tolueno. Este método de prueba cubre los siguientes rangos de concentración, en% de volumen de líquido, para los aromáticos anteriores: benceno, 0.1 a 5%; tolueno, del 1 al 15%; aromáticos individuales C8, 0.5 a 10%; C9 total y aromáticos más pesados, del 5 al 30%, y aromáticos totales, del 10 al 80%. Se lo utiliza para medición aromáticos en gasolinas terminada es decir la que tiene aditivos o compuestos adicionales que puedan impedir realizar el análisis correctamente, en estas columnas se separan los aromáticos de acuerdo al peso en do grupos Los aromáticos C8, p-xileno y m-xileno coeluido, pero se separan etilbenceno y o-xileno. El C9 y los aromáticos más pesados también se miden como grupo individual. (PerkinElmer Life and Analytical Sciences, 2006)

### 3.3.3 ASTM D6277

A diferencia de los otros métodos este en particular no utiliza cromatógrafo de gases y es específico para medir benceno, se hace uso de la Espectroscopia infrarroja. Lo equipos utilizados son el espectrómetro

infrarrojo y celdas de absorción que pueden contener potasio, bromuro, seleniuro de zinc u otras muestras que tengan transmisión desde  $712\text{ cm}^{-1}$  hasta  $612\text{ cm}^{-1}$ . La muestra de gasolina es introducida en celda de muestreo líquida. La muestra es pasada por la luz del infrarrojo en un detector, se mide la respuesta del detector.

#### **3.3.4 ASTM D6730**

El método de prueba se especifica para el análisis de componentes de hidrocarburos junto con los aditivos oxigenados que están en combustibles para motores de encendido por chispa. Este método de prueba cubre la determinación de componentes individuales de hidrocarburos de combustibles para motores de encendido por chispa con rangos de ebullición de hasta  $225\text{ }^{\circ}\text{C}$ . (Nelson, Aqeel, & Ramkumar, 2019)

## 4. CAPITULO IV RESULTADOS

### 4.1 Contenido de benceno en gasolinas

A continuación, se presentan los resultados del contenido de benceno en gasolina Súper y Ecopaís, donde los resultados a comparar se basan en trabajos externos debido a que en la ciudad por el momento los laboratorios no estaban realizando este tipo de ensayos, el trabajo que se utiliza es una investigación que se realizó dentro de las instalaciones de la Terminal de Hidrocarburos de Pascuales PetroEcuador.

Se tiene 4 mediciones (diferentes meses) para Gasolina Súper y Ecopaís de los cuales se tiene un promedio:

	Resultado	Unidad	Límite Máximo INEN 395
Mayo	0,78	%V	1%V
Junio	0,29		
Julio	0,51		
Agosto	0,50		

*Tabla 6 Mediciones de benceno en Gasolina Ecopaís*

Con los resultados obtenidos el promedio que se tiene es de 0.52 %V

	Resultado	Unidad	Límite Máximo INEN 395
Mayo	0,59	%V	2%V
Junio	0,60		
Julio	0,45		
Agosto	0,82		

*Tabla 7 Mediciones de benceno en Gasolina Súper*

Con los resultados obtenidos el promedio que se tiene es de 0.62 %V

Los resultados obtenidos se comparan de acuerdo a la NORMA INEN 395 la cual establece los estándares de calidad de gasolinas, en la cuarta columna de cada tabla de resultados se presenta el límite máximo que establece la normativa.

#### **4.1.1 Análisis de resultados**

Las normas ecuatorianas permiten para gasolinas de 92 octanos un contenido máximo de benceno del 2%V, se sabe que las gasolinas utilizan compuestos como el benceno para mejorar el octanaje y evitar problemas de golpeteo. Mientras que para la Ecopais una gasolina de 87 octanos se tiene un contenido máximo de benceno del 1%V, con los resultados obtenidos se evidencia que estos productos ecuatorianos no pasan del límite permisible, sin embargo, el aparente poco contenido de benceno en las gasolinas pueden contribuir a la presencia del benceno en el aire de la ciudad. De acuerdo con los resultados obtenidos se evidencia que se cumple con la exigencia establecida, los contenidos de benceno en gasolina en el país son bajos no llegan a su límite.

Incluso si se compara los resultados con estándares internacionales el porcentaje de benceno cumple con cualquiera de las normas establecidas, la norma europea establece el contenido de benceno en 1%V, mientras que en Estados Unidos la norma federal establece 1%V, al comparar el resultado obtenido de la gasolina súper con el valor que establece la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (EPA), se evidencia que los resultados son iguales al valor que establece dicha agencia, es decir que este valor llega al límite y quizás deba controlarse. Adicionalmente como complemento hay artículos que señalan el intento de la comunidad científica por disminuir y dejar de utilizar benceno en las gasolinas, es por esto que el contenido de benceno determinado por EPA es el más bajo de todos los estándares revisados. Esta agencia señala que el benceno es un compuesto peligroso y desde el 2011 implementaron esta regulación.

De esta manera con los resultados obtenidos se puede decir que los vehículos no son un problema o altos contribuyentes de benceno al ambiente, debido a que las gasolinas en Ecuador respetan las normas INEN e incluso los estándares internacionales.

País	Limite	Unidad	Agencia Reguladora
Canada	1	%V	CANADIAN ENVIRONMENTAL PROTECTION ACT, 1999
USA	1	%V	The Mobile Source Air Toxics (MSAT)
USA	0,62	%V	The Environmental Protection Agency (EPA)
USA	1,3	%V	Normal Federal
Europa	1	%V	Union Europea
Japon	1	%V	Ministerio de Economía, Comercio e Industria (METI en ingles)
Singapore	1	%V	Agencia Nacional de Ambiente
Tailandia	5	%V	
Indonesia	5	%V	Directorate General of Oil and Gas, Ministry of Energy and Mineral
Australia	1	%V	Departamento de ambiente y energia
Argentina	1	%V	Secretaria de Energia
Brasil	1	%V	National Agency of Petroleum, Natural Gas and Biofuels
Mexico	1-2	%V	Comisión Reguladora de Energía

Tabla 8 Tabla Resumen de límites de contenido de benceno en Gasolina  
(Fuente: Elaboración del autor a través de recopilación de información)

#### 4.2 Mediciones de benceno en el aire del centro de Guayaquil

Las mediciones de benceno dentro del centro de la ciudad de Guayaquil, se lo realizaron con el laboratorio Ipsomary, quienes tomaron las muestras y las enviaron a Estados Unidos para proceder a realizar el análisis de las muestras y obtener los resultados de la concentración de benceno.

Se tabula la información obtenida para los cuatro puntos, (P1), (P2), (P3) Y (P4) dan como resultado 0.017 ppm y convirtiéndolo a mg/m<sup>3</sup> da un valor de 0,056 mg/m<sup>3</sup> y al final se lo puede convertir a ug/m<sup>3</sup> se tiene una concentración de 56, con la última conversión se puede decir que la concentración de benceno es alta, y que supera el límite que establece la Norma Ecuatoriana de calidad del Aire, la normativa ecuatoriana no es la adecuada para comparar porque establece un promedio anual y los resultados que se obtuvieron se recogieron en 1.5 horas y deberían ser comparados con normativas que establezcan concentraciones límites para periodos cortos. De acuerdo a la tabla #3 del procedimiento NIOSH 1501 establece rangos de concentraciones en ppm, sin embargo, las tablas que ofrece la OSHA son las que tienen rangos para periodos cortos y con las que

se puede establecer comparaciones y verificar si los resultados se encuentran dentro los límites aceptables.

En estas tablas se identifica Permissible Exposure Limit PEL en sus siglas en inglés (límite permisible de exposición) y viene dado en Time weighted average, TWA en inglés (promedio ponderado en el tiempo) esta medida considera aproximadamente el promedio de las 8 horas laborables a las que pueden estar expuestos los trabajadores, mientras que Short Term Exposure Limit STEL (short-term exposure limit) es un límite de exposición a corto plazo, el cual evalúa la exposición durante periodos cortos aproximadamente 15 minutos, este no debe exceder el TWA. Al analizar y comparar los resultados con los Límites STEL de OSHA y límites permisibles para compuestos químicos del Estado de California (Anexos 3, 4 y 5) se concluye que los resultados obtenidos no sobrepasan los límites de exposición.

Punto	Contaminante	Concentración encontrada mg/m3	Nivel Máximo Permissible mg/m3 (TULSMA)
P1	Benceno	<0,000056	5
P2	Benceno	<0,000056	5
P3	Benceno	<0,000056	5
P4	Benceno	<0,000056	5

*Tabla 9 Resultados obtenidos de las mediciones realizadas*

Punto	Contaminante	Concentración encontrada ppm	OSHA (STEL) ppm	Observaciones
P1	Benceno	0,017	1	Cumple OSHA
P2	Benceno	0,017	1	Cumple OSHA
P3	Benceno	0,017	1	Cumple OSHA
P4	Benceno	0,017	1	Cumple OSHA

*Tabla 10 Resultados obtenidos en PPM para comparar con tablas OSHA.*



País	Límite	Unidad	Agencia Reguladora
Korea del Sur	≤5	µg/m <sup>3</sup>	Ministerio de Ambiente
Japón	0.003	mg/m <sup>3</sup>	Ministerio de Ambiente
Europa	5	µg/m <sup>3</sup>	Unión Europea
Reino Unido	5	ppb	Departamento de Ambiente, comida y relaciones rurales
Nueva Zelanda	3.6	µgm-3	Ministerio de Ambiente
Irlanda	5	µg/m <sup>3</sup>	EPA Irlanda

*Tabla 11 Concentraciones o límites permisibles de Benceno de distintos países Elaboración propia a través de recopilación de información*

Todas estas concentraciones son ejemplos de medidas anuales que se asemejan a la norma ecuatoriana, a su vez están no pueden utilizarse para comparar los resultados.

#### **4.3 Comparación de Resultados con Trabajo de Investigación de marzo 2019.**

Los resultados obtenidos en ambas investigaciones respetan la norma límite, porque el signo < se utiliza para determinar que las lecturas pueden estar por debajo de ese valor numérico. En ambos casos los resultados en ppm comparando con la OSHA también cumple, así demostrando que en el centro de la ciudad las concentraciones cumplen con las normas internacionales. Además, los resultados obtenidos en marzo se realizaron en periodos de 8 horas, y para esto el TWA exige que se cumpla con 1ppm. Estos resultados no se pueden comparar con la normativa debido a que esta se aplica para periodos promedios anuales. Aunque se promediaran los resultados de ambas investigaciones seguirían cumpliendo con las normas mencionadas. Sin embargo, cada medición debe ser analizada de acuerdo a los periodos de medición, y por consiguiente la norma ecuatoriana no permite el análisis de resultados debido a que la concentración de benceno límite se mide en promedios anuales de cada una de las estaciones que se tuvieran.

Punto	Contaminante	Concentración encontrada mg/m3	Concentración encontrada ppm	Resultados Tesis Leslie Pontón Marzo 2019 mg/m3	Resultados Tesis Leslie Pontón Marzo 2019 ppm
P1	Benceno	<0,056	<0,017	0,11	0,036
P2	Benceno	<0,056	<0,017	<0,042	<0,013
P3	Benceno	<0,056	<0,017	<0,042	<0,013
P4	Benceno	<0,056	<0,017	<0,042	<0,013

Tabla 12 Comparación de Resultados con Trabajo de Investigación Marzo 2019

Punto	Contaminante	Concentration encontrada ppm	Resultados Tesis Leslie Pontón Marzo 2019 ppm	OSHA (STEL) ppm	Observaciones
P1	Benceno	<0,017	0,036	1	Cumple OSHA
P2	Benceno	<0,017	<0,013	1	Cumple OSHA
P3	Benceno	<0,017	<0,013	1	Cumple OSHA
P4	Benceno	<0,017	<0,013	1	Cumple OSHA

Tabla 13 Comparación de resultados de las investigaciones en unidades de ppm y comparadas con normativa OSHA



Ilustración 8 Ubicación de Puntos de medición en Agosto 2019 (Color Amarillo) y Puntos de marzo 2019 (Color Verde)

4.4 Mapa de Zonificación de concentraciones de Benceno

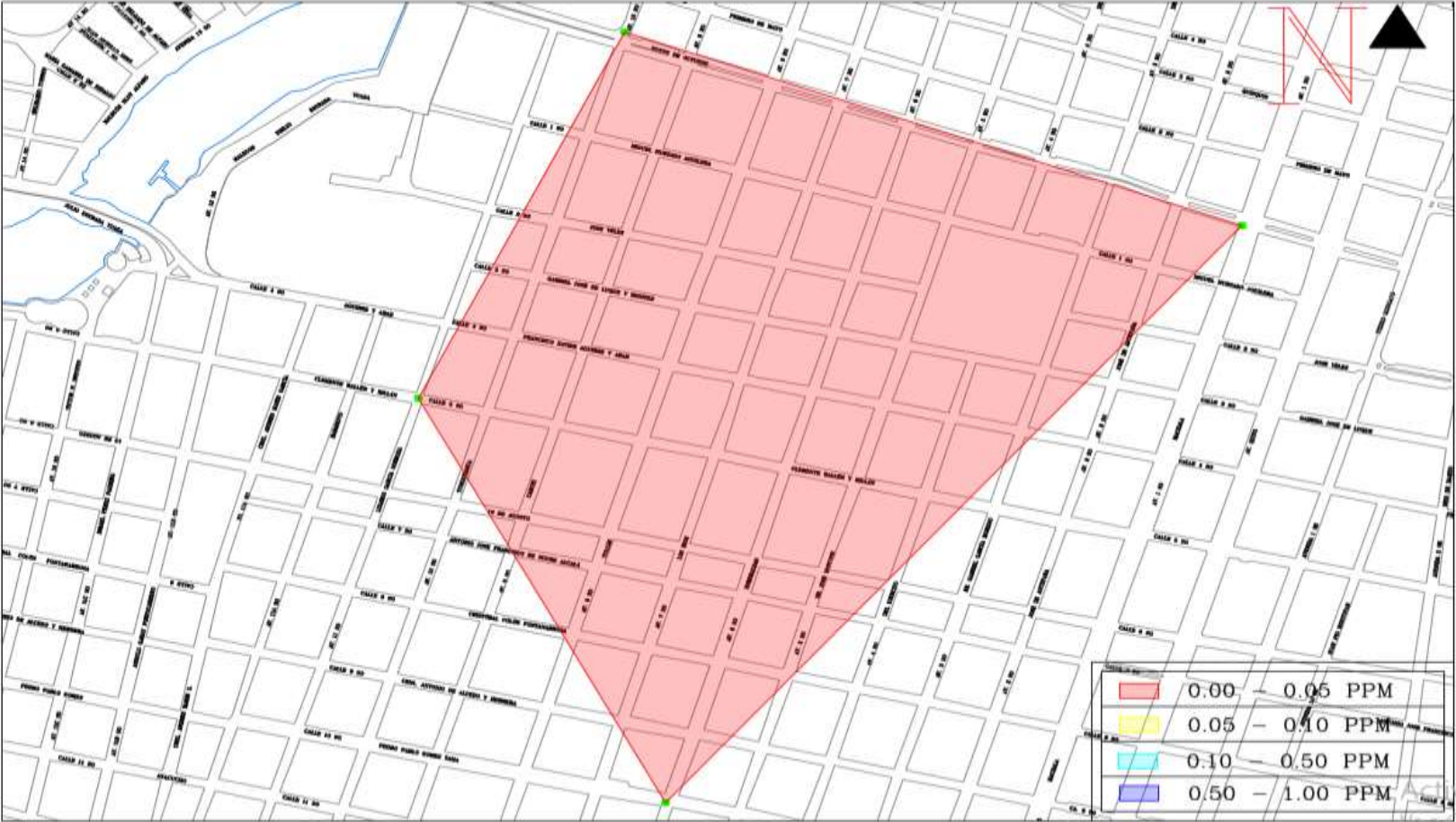


Ilustración 9 Mapa de Zonificación de concentraciones de benceno en la Ciudad de Guayaquil (Elaboración Propia)

## **5. CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **5.1 Conclusiones**

De acuerdo a la información obtenida en el presente trabajo de investigación se comparó las concentraciones de benceno dentro del área afectada con normativas internacionales y se concluye lo siguiente:

El tiempo de monitoreo aplicado para las pruebas fue de 1.5 horas, esto determina que no es factible comparar con las normativas ecuatorianas, porque estas son promedios anuales de mediciones continua; en consecuencia, se utilizaron normas internacionales que contemplan periodos de medición cortos.

1. Los resultados entregados por el laboratorio ALS ENVIRONMENTAL indican que los valores pueden ser menores a 0.017 ppm sin embargo se toma este valor como el máximo y se procede a comparar con las normas OSHA y las del Estado de California. Al comparar los límites para periodos cortos de las normativas mencionadas se determina que dentro de los puntos analizados la concentración de benceno respeta el limite tolerable de las normas mencionadas.
2. Los límites establecidos en la tabla Z-1 de la OSHA, para mediciones de corto tiempo medidas con procedimiento NIOSH, establece que la concentración permitida es de 1ppm mientras que los resultados de los cuatro puntos dan un valor de 0.017 ppm es decir que las concentraciones no llegan a la unidad, de lo cual se tiene alrededor de dos centésimas como resultado.
3. De acuerdo a los análisis de benceno en la gasolina, el contenido de benceno no es alto, y este se encuentra dentro de los límites de la norma, nacional e internacional. Aproximadamente los resultados llegan a la mitad del nivel máximo permisible lo que determina la existencia de benceno en el aire de la zona estudiada.

4. La ubicación de los puntos puede influenciar en los resultados, a pesar de la circulación de vehículos livianos, pesados y buses; los resultados están por debajo de la norma. Los puntos se encuentran entre el Estero Salado y el Rio Guayas por lo que la brisa que generan estos cuerpos de agua ayudan a la disipación del contaminante.
5. Al comparar los resultados de la ciudad de Cuenca para las concentraciones de benceno en los años 2015 y 2016 que están alrededor del 2.5 al 3.7 ug/m<sup>3</sup>, se evidencia que no sobrepasan el límite que establece la Norma de Calidad del Aire. Lo que permite relacionar que los resultados obtenidos en estas mediciones de corto tiempo dentro de la ciudad de Guayaquil no sobrepasaran los límites permisibles.
6. A pesar de los niveles que se tienen son bajos y respetan los límites; la OMS no establece ningún límite permisible por la toxicidad del benceno y lo altamente cancerígeno que este es.

## **5.2 Recomendaciones**

En el presente trabajo se puede concluir que:

1. Las normas vigentes deben mejorar en cuanto a los límites de las exposiciones de los hidrocarburos aromáticos, se deberían establecer por periodos cortos.
2. Realizar monitoreos completos dentro de la ciudad de Guayaquil para medir el benceno anualmente, siguiendo ejemplos como la ciudad de Cuenca, que mantiene una red de estaciones que miden diariamente las concentraciones de contaminantes.
3. La ciudad de Guayaquil debería implementar estaciones en puntos estratégicos, como lo son el centro de la ciudad, el área industrial a lo largo de la Vía a Daule y a lo largo de la Vía perimetral que une al Puerto Marítimo donde circulan mayor cantidad de vehículos pesados.
4. La ciudad de Guayaquil al ser la más poblada del país y centro económico importante, debería establecer sus normativas propias con respecto a la calidad Ambiental.

## 6. Referencias

Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades. (Agosto de 1995). *Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades*. Obtenido de [https://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es\\_phs69.html](https://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es_phs69.html)

CANADIAN ENVIRONMENTAL PROTECTION ACT, 1999. (26 de Julio de 2019). *Justice Laws Website*. Obtenido de Justice Laws Website: <https://laws-lois.justice.gc.ca/eng/regulations/SOR-97-493/FullText.html>

DIRECTIVA 98/70/CE DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO. ( 13 d de Octubre de 1998). *Diario Oficial de las Comunidades Europeas*. Obtenido de [https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:9cdbfc9b-d814-4e9e-b05d-49dbb7c97ba1.0010.02/DOC\\_1&format=PDF](https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:9cdbfc9b-d814-4e9e-b05d-49dbb7c97ba1.0010.02/DOC_1&format=PDF)

EMPRESA PÚBLICA MUNICIPAL DE MOVILIDAD, TRÁNSITO Y TRANSPORTE DE CUENCA . (2017). *EMPRESA PÚBLICA MUNICIPAL DE MOVILIDAD, TRÁNSITO Y TRANSPORTE DE CUENCA* . Obtenido de <http://www.emov.gob.ec/sites/default/files/CALIDAD%20DEL%20AIRE%202017.pdf>

En Colombia. (2019). *En Colombia*. Obtenido de <https://encolombia.com/medicina/guiasmed/benceno/recomendaciones3-2/>

Harrison, R., Delgado Saborit, J. M., Dor, F., & Henderson., R. (2010). *National Center for Biotechnology Information*. Obtenido de <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK138708/>

Instituto Catalán de Oncología. (2009). *Unión General de Trabajadores*. Obtenido de

[http://portal.ugt.org/saludlaboral/publicaciones/manual\\_estudio/Hidrocarburos.pdf](http://portal.ugt.org/saludlaboral/publicaciones/manual_estudio/Hidrocarburos.pdf)

Mihelcic , J., & Zimmerman, J. B. (2011). *Ingeniería ambiental: fundamentos, sustentabilidad, diseño*. México: Alfaomega.

Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial Colombia. (2003). *Guías para manejo seguro y gestión ambiental de 25 sustancias químicas*. Santafé de Bogotá: Santafé de Bogotá : Ministerio Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Obtenido de [http://www.minambiente.gov.co/images/AsuntosambientalesySectorialyUrbana/pdf/sustancias\\_qu%C3%ADmicas\\_y\\_residuos\\_peligrosos/guia\\_25\\_sustancias.pdf](http://www.minambiente.gov.co/images/AsuntosambientalesySectorialyUrbana/pdf/sustancias_qu%C3%ADmicas_y_residuos_peligrosos/guia_25_sustancias.pdf)

Ministerio del Ambiente. (4 de Noviembre de 2015). *Universidad del Azuay*. Obtenido de [http://gis.uazuay.edu.ec/ierse/links\\_doc\\_contaminantes/REGISTRO%20OFICIAL%20387%20-%20AM%20140.pdf](http://gis.uazuay.edu.ec/ierse/links_doc_contaminantes/REGISTRO%20OFICIAL%20387%20-%20AM%20140.pdf)

Ministerio del Ambiente del Japón. (4 de Febrero de 1997). *TransportPolicy.net*. Obtenido de <https://www.transportpolicy.net/standard/japan-air-quality-standards/>

Ministerio del Ambiente. (7 de Junio de 2011). *Secretaría de Ambiente Quito*. Obtenido de [http://www.quitoambiente.gob.ec/ambiente/images/Secretaria\\_Ambiente/red\\_monitoreo/informacion/norma\\_ecuato\\_calidad.pdf](http://www.quitoambiente.gob.ec/ambiente/images/Secretaria_Ambiente/red_monitoreo/informacion/norma_ecuato_calidad.pdf)

National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH). (15 de Marzo de 2003). *Center for Disease and Prevention*. Obtenido de <https://www.cdc.gov/niosh/docs/2003-154/pdfs/1501.pdf>

Nelson, T., Aqeel, Z., & Ramkumar , D. (2019). *Phenomenex*. Obtenido de <https://phenomenex.blob.core.windows.net/documents/c0c606c0-653c-4de2-bde4-40821e0eb978.pdf>



- Occupational Safety and Health Administration. (2019). *Occupational Safety and Health Administration*. Obtenido de <https://www.osha.gov/dsg/annotated-pels/tablez-2.html>
- Occupational Safety and Health Administration. (2019). *Occupational Safety and Health Administration (OSHA)*. Obtenido de <https://www.osha.gov/dsg/annotated-pels/tablez-1.html>
- Organización Panamericana de la Salud. (2014). *Organización Panamericana de la Salud*. Obtenido de [https://www.paho.org/hq/index.php?option=com\\_content&view=article&id=12918:ambient-air-pollution&Itemid=72243&lang=es](https://www.paho.org/hq/index.php?option=com_content&view=article&id=12918:ambient-air-pollution&Itemid=72243&lang=es)
- PerkinElmer Life and Analytical Sciences. (2006). *PerkinElmer Life and Analytical Sciences*. Obtenido de [https://www.perkinelmer.com/Content/relatedmaterials/productnotes/prd\\_model4005standardmethodastmd5580analyzer.pdf](https://www.perkinelmer.com/Content/relatedmaterials/productnotes/prd_model4005standardmethodastmd5580analyzer.pdf)
- PerkinElmer Life and Analytical Sciences. (2007). *PerkinElmer Life and Analytical Sciences*. Obtenido de [https://www.perkinelmer.com/Content/relatedmaterials/productnotes/prd\\_model4013standardmethodastmd3606analyzer.pdf](https://www.perkinelmer.com/Content/relatedmaterials/productnotes/prd_model4013standardmethodastmd3606analyzer.pdf)
- Plotkin, J. S. (30 de Noviembre de 2015). *American Chemical Society*. Obtenido de <https://www.acs.org/content/acs/en/pressroom/cutting-edge-chemistry/benzenes-unusual-supply-demand-dilemma.html>
- Redacción Expreso. (07 de Julio de 2018 ). *Expreso*. Obtenido de <https://www.expreso.ec/guayaquil/calidad-aire-ambiente-municipal-monitoreo-CE2262712>
- The Department of the Environment and Energy. (2001). *The Department of the Environment and Energy*. Obtenido de <https://www.environment.gov.au/protection/fuel-quality/standards/petrol>

The National Institute for Occupational Safety and Health. (1994). *Niosh Manual of Analytical Methods*. Cincinnati: U.S Department of Health and Humans Services.

United States Environmental Protection Agency. (5 de Diciembre de 2016). *United States Environmental Protection Agency*. Obtenido de <https://www.epa.gov/gasoline-standards/gasoline-mobile-source-air-toxics>

Weisel\*, C. P. (6 de Enero de 2010). *National Center for Biotechnology Information*. Obtenido de <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4009073/>

## 7. ANEXOS

### ANEXO 1: Norma de Calidad del Aire

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

Figura 2. Número de puntos de medición de emisiones al aire desde fuentes fijas

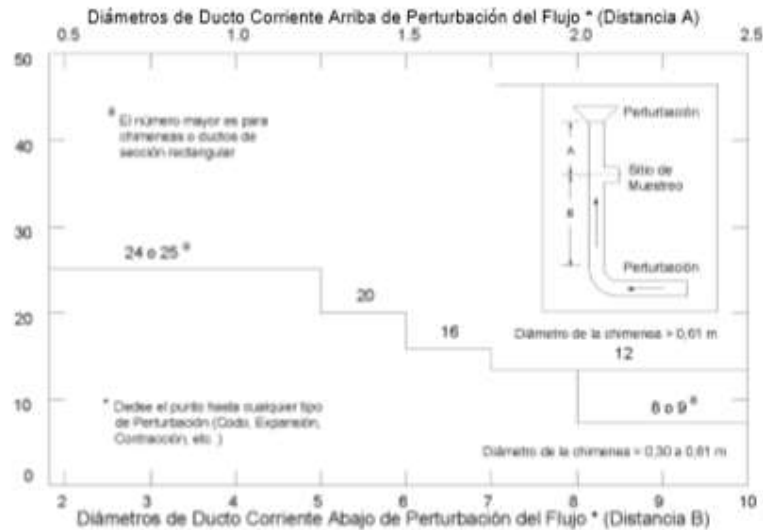
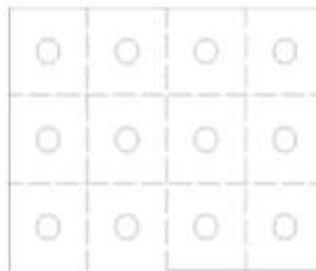


Figura 3. Ejemplo de puntos de medición de emisiones al aire en conducto de sección rectangular (12 áreas iguales con punto de medición en centroide de cada área).



#### 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:

- 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.

Documento con posibles errores digitalizado de la publicación original. Favor verificar con imagen.

No imprima este documento a menos que sea absolutamente necesario.

## 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.
- 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.

- Material Particulado de diámetro aerodinámico menor a 2,5 (dos enteros cinco décimos) micrones. Se abrevia PM2,5.

- 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.

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.

Documento con posibles errores digitalizado de la publicación original. Favor verificar con imagen.

 No imprima este documento a menos que sea absolutamente necesario.

## 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 períodos de tiempo.

**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.

**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 períodos 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.-** Milonésima 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 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 admisión.-** 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.

Documento con posibles errores digitalizado de la publicación original. Favor verificar con imagen.

 No imprima este documento a menos que sea absolutamente necesario.

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

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

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

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

**4.1.2 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 período anual en cualquier estación monitorea sea mayor o igual a (100 µg/m<sup>3</sup>)

**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 µg/m<sup>3</sup>).

El promedio aritmético de monitoreo continuo durante 24 horas, no deberá exceder de cincuenta microgramos por metro cúbico (50 µg/m<sup>3</sup>).

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 µg/m<sup>3</sup>)

**Dióxido de azufre (SO2).**- La concentración SO2 en 24 horas no deberá exceder ciento veinticinco microgramos por metro cúbico (125 µg/m<sup>3</sup>), la concentración de este contaminante para un período de diez minutos, no debe ser mayor a quinientos microgramos por metro cúbico (500 µg/m<sup>3</sup>).

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 µg/m<sup>3</sup>).

**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 µg/m<sup>3</sup>) 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 µg/m<sup>3</sup>) no más de una vez al año.

**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:

$$C_T = C_U \cdot \frac{760 \text{ mmHg}}{P_{\text{obs}} \text{ mmHg}} \cdot \frac{(273 + T^{\circ}\text{C})^{\frac{1}{K}}}{298^{\frac{1}{K}}}$$

Documento con posibles errores digitalizado de la publicación original. Favor verificar con imagen.

 No imprima este documento a menos que sea absolutamente necesario.

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

Donde:

Co: concentración corregida

Co: concentración observada

Pbt: 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
Monóxido de Carbono Concentración promedio en ocho horas ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	15000	30000	40000
Ozono Concentración promedio en ocho horas ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	200	400	600
Dióxido de Nitrógeno Concentración promedio en una hora ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	1000	2000	3000
Dióxido de Azufre Concentración promedio en veinticuatro horas ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	200	1000	1800
Material particulado PM 10 Concentración en veinticuatro horas ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	250	400	500
Material Particulado PM 2,5 Concentración en veinticuatro horas ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	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 encuentre 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.

Documento con posibles errores digitalizado de la publicación original. Favor verificar con imagen.

 No imprima este documento a menos que sea absolutamente necesario.

**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
Partículas Sedimentables	<p><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 solubles 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.</p>
Material Particulado (PM10)	<p><b>Nombre:</b> Método Gravimétrico, mediante muestreador de alto caudal o de bajo caudal.  <b>Referencia:</b> 40 CFR Part 50, Appendix J o Appendix M.  <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.  <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>
Material Particulado (PM2,5)	<p><b>Nombre:</b> Método Gravimétrico, mediante muestreador de bajo caudal. Referencia: 40 CFR Part 50, Appendix J o Appendix L.  <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.  <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>

Documento con posibles errores digitalizado de la publicación original. Favor verificar con imagen.

 No imprima este documento a menos que sea absolutamente necesario.





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 Permisible ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Tiempo de exposición
Benceno	5	Anual
Cadmio	$5 \times 10^{-4}$	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	<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)
Mercurio	<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-96/010a). <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
Benceno	<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

#### 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.

Documento con posibles errores digitalizado de la publicación original. Favor verificar con imagen.

 No imprima este documento a menos que sea absolutamente necesario.

# Anexo 2: Procedimiento NIOSH 1501

## HYDROCARBONS, AROMATIC

1501

FORMULA: Table 1      MW: Table 1      CAS: Table 1      RTECS: Table 1

<b>METHOD:</b> 1501, Issue 3		<b>EVALUATION:</b> Full		<b>Issue 1:</b> 15 August 1990 <b>Issue 3:</b> 15 March 2003	
<b>OSHA:</b> Table 2 <b>NIOSH:</b> Table 2 <b>ACGIH:</b> Table 2		<b>PROPERTIES:</b> Table 1			
<b>SYNONYMS:</b> <u>Group A:</u> benzene    toluene    ethylbenzene <u>p</u> -xylene <u>m</u> -xylene <u>p</u> -xylene (Synonyms in Table 1) <u>Group B:</u> cumene <u>p</u> -tert-butyltoluene $\alpha$ -methylstyrene $\beta$ -methylstyrene    styrene					
SAMPLING		MEASUREMENT			
<b>SAMPLER:</b>	SOLID SORBENT TUBE (coconut shell charcoal, 100 mg/50 mg)	<b>TECHNIQUE:</b>	GAS CHROMATOGRAPHY, FID		
<b>FLOW RATE:</b>	Table 3	<b>ANALYTE:</b>	Hydrocarbons listed above		
<b>VOL-MIN:</b>	Table 3	<b>DESORPTION:</b>	1 mL CS <sub>2</sub> , stand 30 min with agitation		
<b>-MAX:</b>	Table 3	<b>INJECTION VOLUME:</b>	1 $\mu$ L (Group A: split 5:1; Group B: split 1:1)		
<b>SHIPMENT:</b>	Routine	<b>TEMPERATURE</b>			
<b>SAMPLE STABILITY:</b>	30 days @ 5°C	<b>-INJECTION:</b>	250 °C		
<b>BLANKS:</b>	10% of samples	<b>-DETECTOR:</b>	300 °C		
		<b>-COLUMN:</b>	Group A: 40 °C (10 min) to 230°C (10 °C/min) Group B: 35°C (8 min) to 225°C (10°C/min)		
		<b>CARRIER GAS:</b>	He @ 2.6 mL/min		
ACCURACY		<b>COLUMN:</b>	Capillary, fused silica Group A: 30m x 0.32-mm ID; 1- $\mu$ m film 100% PEG or equivalent Group B: 30m x 0.53-mm ID; 3- $\mu$ m film crossbonded@ 35% diphenyl 65% dimethyl polysiloxane or equivalent		
<b>RANGE STUDIED:</b>	Table 3	<b>CALIBRATION:</b>	Solutions of analytes in CS <sub>2</sub>		
<b>BIAS:</b>	Table 3	<b>RANGE:</b>	Table 4		
<b>OVERALL PRECISION (<math>\bar{S}_v</math>):</b>	Table 3	<b>ESTIMATED LOD:</b>	Table 4		
<b>ACCURACY:</b>	Table 3	<b>PRECISION (<math>S_v</math>):</b>	Table 4		
<b>APPLICABILITY:</b> This method is for peak, ceiling, and TWA determinations of aromatic hydrocarbons. Interactions between analytes may reduce breakthrough volumes and affect desorption efficiencies. Naphthalene, originally validated in S292 [4], failed to meet acceptable desorption efficiency recovery and storage stability criteria at the levels evaluated in this study. However, the application of this method to naphthalene levels at or near the REL/PEL continues to meet acceptable recovery criteria. Styrene failed to meet acceptable recovery criteria at the two lowest levels evaluated in this study (highest level to meet the criteria was 181 $\mu$ g/sample).					
<b>INTERFERENCES:</b> Under conditions of high humidity, the breakthrough volumes may be reduced. Other volatile organic compounds such as alcohols, ketones, ethers, and halogenated hydrocarbons are potential analytical interferences.					
<b>OTHER METHODS:</b> This method updates NMAM 1501 issued on August 15, 1994 [1] which was based upon P&CAM 127 (benzene, styrene, toluene, and xylene) [2]; S22 ( <u>p</u> -tert-butyltoluene) [3]; S23 (cumene) [3]; S29 (ethylbenzene) [3]; S26 ( $\alpha$ -methylstyrene) [3]; S30 (styrene); S311 (benzene) [4]; S343 (toluene) [4]; and S318 (xylenes) [4].					

**REAGENTS:**

1. Carbon disulfide\*, low benzene, chromatographic quality.
2. Analytes, reagent grade.
3. Helium, prepurified and filtered.
4. Hydrogen, prepurified and filtered.
5. Air, prepurified and filtered.

\* See SPECIAL PRECAUTIONS

**EQUIPMENT:**

1. Sampler: glass tube, 7 cm long, 6-mm OD, 4-mm ID, flame-sealed ends, containing two sections of activated coconut shell charcoal (front = 100 mg, back = 50 mg) separated by a 2-mm urethane foam plug. A silylated glass wool plug precedes the front section and a 3-mm urethane foam plug follows the back section. Tubes are commercially available.
2. Personal sampling pump, 0.01 to 1.0 L/min (Table 3), with flexible connecting tubing.
3. Gas chromatograph, FID, integrator, and columns (page 1501-1).
4. Autosampler vials, glass, 1.8 mL, with PTFE-lined caps.
5. Pipets, 1-mL, and pipet bulb.
6. Syringes, 10- $\mu$ L, 25- $\mu$ L, and 250- $\mu$ L.
7. Volumetric flasks, 10-mL.

---

**SPECIAL PRECAUTIONS:** Carbon disulfide is toxic and extremely flammable (flash point = -30°C), benzene is a suspect carcinogen. Prepare standards and samples in a well ventilated hood.

---

**SAMPLING:**

1. Calibrate each personal sampling pump with a representative sampler in line.
2. Break the ends of the sampler immediately before sampling. Attach sampler to personal sampling pump with flexible tubing.
3. Sample at an accurately known flow rate between 0.01 and 0.2 L/min for a total sample size as shown in Table 3.
4. Cap the samplers with plastic (not rubber) caps and pack securely for shipment.

**SAMPLE PREPARATION:**

5. Place the front and back sorbent sections of the sampler tube in separate vials. Include the glass wool plug in the vial along with the front sorbent section.
6. Add 1.0 mL eluent to each vial. Attach crimp cap to each vial immediately.
7. Allow to stand at least 30 min with occasional agitation.

**CALIBRATION AND QUALITY CONTROL:**

8. Calibrate daily with at least six working standards from below the LOD to 10 times the LOQ. If necessary, additional standards may be added to extend the calibration curve.
  - a. Add known amounts of analytes to carbon disulfide solvent in 10-mL volumetric flasks and dilute to the mark. Prepare additional standards by serial dilution in 10-mL volumetric flasks.
  - b. Analyze together with samples and blanks (steps 11 through 12).
  - c. Prepare calibration graph (peak area of analyte vs.  $\mu$ g analyte per sample).

9. Determine desorption efficiency (DE) at least once for each batch of charcoal used for sampling in the calibration range (step 8).
  - a. Prepare three tubes at each of five levels plus three media blanks.
  - b. Inject a known amount of DE stock solution (5 to 25 µL) directly onto front sorbent section of each charcoal tube with a microliter syringe.
  - c. Allow the tubes to air equilibrate for several minutes, then cap the ends of each tube and allow to stand overnight.
  - d. Desorb (steps 5 through 7) and analyze together with standards and blanks (steps 11 and 12).
  - e. Prepare a graph of DE vs. µg analyte recovered.
10. Analyze a minimum of three quality control blind spikes and three analyst spikes to insure that the calibration graph and DE graph are in control.

**MEASUREMENT:**

11. Set gas chromatograph according to manufacturer's recommendations and to conditions given on page 1501-1. Inject a 1-µL sample aliquot manually using the solvent flush technique or with an autosampler.
 

Note: If peak area is above the linear range of the working standards, dilute with solvent, reanalyze, and apply the appropriate dilution factor in the calculations.

Analyte	Approximate Retention Time (min)
benzene <sup>a</sup>	3.52
toluene <sup>a</sup>	6.13
ethylbenzene <sup>a</sup>	10.65
<i>o</i> -xylene <sup>a</sup>	12.92
<i>m</i> -xylene <sup>a</sup>	11.33
<i>p</i> -xylene <sup>a</sup>	11.04
cumene <sup>b</sup>	18.61
<i>p</i> -tert-butyltoluene <sup>b</sup>	21.45
α-methylstyrene <sup>b</sup>	19.99
β-methylstyrene <sup>b</sup>	20.82
styrene <sup>b</sup>	18.33

<sup>a</sup> Separation achieved using a 30-m Stabilwax fused silica capillary column.

<sup>b</sup> Separation achieved using a 30-m Rtx-35 fused silica capillary column.

12. Measure peak areas.

**CALCULATIONS:**

13. Determine the mass, µg (corrected for DE) of analyte found in the sample front (W<sub>f</sub>) and back (W<sub>b</sub>) sorbent sections, and in the average media blank front (B<sub>f</sub>) and back (B<sub>b</sub>) sorbent sections.
 

NOTE: If W<sub>b</sub> > W<sub>f</sub>/10, report breakthrough and possible sample loss.
14. Calculate concentration, C, of analyte in the air volume sampled, V (L):

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

NOTE: µg/L = mg/m<sup>3</sup>

**EVALUATION OF METHOD:**

The desorption efficiency, at levels ranging from 5 times the LOQ to 0.1x the REL, was determined for each analyte by spiking known amounts (in CS<sub>2</sub>) on coconut shell charcoal tubes. Both groups of analytes (A and B) were spiked together on the charcoal sorbent tubes. All analytes, with the exception of styrene and naphthalene, exhibited acceptable desorption efficiency recovery results at all five levels evaluated. Styrene failed to meet the 75% recovery criteria at the 18.1 µg and 90.6 µg levels. Naphthalene failed to meet the 75% criteria at all levels evaluated ranging from 48.8 µg to 976.0 µg.

Each analyte, at a level approximately 0.05x REL/PEL, was evaluated for its storage stability @ 5°C after 7, 14, and 30 days. All analytes, with the exception of naphthalene, had acceptable recoveries after 30 days storage.

**REFERENCES:**

- [1] NIOSH [1984]. Hydrocarbons, Aromatic: Method 1501. In: Eller PM, ed. NIOSH Manual of Analytical Methods. 4th rev. ed. Cincinnati, OH: U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service, Centers for Disease Control, National Institute for Occupational Safety and Health, DHHS (NIOSH) Publication No. 94-113.
- [2] NIOSH [1977]. NIOSH Manual of Analytical Methods, 2nd. ed., V. 1, P&CAM 127, U.S. Department of Health, Education, and Welfare, Publ. (NIOSH) 77-157-A.
- [3] Ibid, V. 2, S22, S23, S25, S26, S29, S30, U.S. Department of Health, Education, and Welfare, Publ. (NIOSH) 77-157-B (1977).
- [4] Ibid, V. 3, S292, S311, S318, S343, U.S. Department of Health, Education, and Welfare, Publ. (NIOSH) 77-157-C (1977).
- [5] NIOSH [1977]. Documentation of the NIOSH Validation Tests, S22, S23, S25, S26, S29, S30, S292, S311, S318, S343, U.S. Department of Health, Education, and Welfare; Publ. (NIOSH) 77-185.

**METHOD WRITTEN BY:**

Stephanie M. Pendergrass, NIOSH/DART

TABLE 1. SYNONYMS, FORMULA, MOLECULAR WEIGHT, PROPERTIES

Name/Synonyms	Empirical Formula	Molecular Weight	Boiling Point (°C)	Vapor Pressure @ 25 °C (mm Hg)	(kPa)	Density @ 20 °C (g/mL)
benzene CAS #71-43-2 RTECS CY1400000	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	78.11	80.1	95.2	12.7	0.879
p-tert-butyltoluene CAS #98-51-1 RTECS XS8400000 1-tert-butyl-4-methylbenzene	C <sub>11</sub> H <sub>14</sub>	148.25	192.8	0.7	0.09	0.861
cumene CAS #98-82-8 RTECS GR8575000 isopropylbenzene	C <sub>9</sub> H <sub>12</sub>	120.20	152.4	4.7	0.63	0.862
ethylbenzene CAS #100-41-4 RTECS DA0700000	C <sub>8</sub> H <sub>10</sub>	106.17	136.2	9.6	1.28	0.867
α-methylstyrene CAS #98-83-9 RTECS WL5075300 isopropenylbenzene (1-methylethenyl)-benzene	C <sub>9</sub> H <sub>10</sub>	118.18	165.4	2.5	0.33	0.909
β-methylstyrene CAS #873-66-5 RTECS DA8400500	C <sub>9</sub> H <sub>10</sub>	118.18	175.0	—	—	0.911
toluene CAS #108-88-3 RTECS XS5250000 methylbenzene	C <sub>7</sub> H <sub>8</sub>	92.14	110.6	28.4	3.79	0.867
xylene <sup>a</sup> CAS #1330-20-7 RTECS ZE2100000 dimethylbenzene (p-xylene)	C <sub>8</sub> H <sub>10</sub> (ortho) (meta) (para)	106.17	144.4 139.1 138.4	6.7 8.4 8.8	0.89 1.12 1.18	0.880 0.864 0.861
styrene CAS #100-42-5 RTECS WL3675000 vinylbenzene	C <sub>8</sub> H <sub>8</sub>	104.15	145.2	6.1	0.81	0.906

**TABLE 2. PERMISSIBLE EXPOSURE LIMITS, PPM**

Substance	OSHA TWA	NIOSH			ACGIH		mg/m <sup>3</sup> per ppm
		TWA	C	STEL	TLV	STEL	
benzene	1	0.1 <sup>a</sup>	1		10 <sup>b</sup>		3.19
<i>p-tert</i> -butyltoluene	10	10		20	1		6.06
cumene	50 (skin)	50 (skin)			50 (skin)		4.91
ethylbenzene	100	100		125	100	125	4.34
$\alpha$ -methylstyrene	100	50		100	50	100	4.83
$\beta$ -methylstyrene	100	50		100	50	100	4.83
toluene	200	100		150	50 (skin)		3.77
<i>o</i> -xylene	100	100 <sup>c</sup>		150	100	150	4.34
<i>m</i> -xylene	100	100			100	150	4.34
<i>p</i> -xylene	100	100			100	150	4.34
styrene	100	50		100	50	100 (skin)	4.26

<sup>a</sup> Potential carcinogen

<sup>b</sup> Suspect carcinogen

<sup>c</sup> Group I Pesticide

**TABLE 3. SAMPLING FLOWRATE<sup>a</sup>, VOLUME, CAPACITY, RANGE, OVERALL BIAS AND PRECISION**

Substance	Sampling			Breakthrough		Range at VOL-MIN (mg/m <sup>3</sup> )	Overall		Accuracy (1%)
	Flowrate (L/min)	Volume <sup>b</sup> (L)		Volume @ Concentration (L)	(mg/m <sup>3</sup> )		Bias (%)	Precision (%)	
benzene	<0.20	5	30	>45	149	42 - 165	-0.4	0.059	11.4
<i>p-tert</i> -butyltoluene	<0.20	1	29	44	112	29 - 119	-10.3	0.071 <sup>c</sup>	20.7
cumene	<0.20	1	30	>45	480	120 - 480	5.6	0.059	15.2
ethylbenzene	<0.20	1	24	35	917	222 - 884	-7.6	0.089 <sup>c</sup>	17.1
$\alpha$ -methylstyrene	<0.20	1	30	>45	940	236 - 943	-7.6	0.061 <sup>c</sup>	16.9
$\beta$ -methylstyrene	<0.20	1	30	>45	940	236 - 943	-7.6	0.061	16.9
toluene	<0.20	1	8	12	2294	548 - 2190	1.6	0.052	10.9
xylene ( <i>o</i> -, <i>m</i> -, <i>p</i> -)	<0.20	2	23	35	870	218 - 870	-1.2	0.060	12.2
styrene	<1.00	1	14	21	1710	426 - 1710	-7.9	0.058 <sup>c</sup>	16.7

<sup>a</sup> Minimum recommended flow is 0.01 L/min.

<sup>b</sup> V<sub>min</sub> = minimum sample volume @ OSHA TWA;

V<sub>max</sub> = maximum sample volume @ OSHA TWA

<sup>c</sup> Corrected value, calculated from data in Reference 5.



TABLE 4. MEASUREMENT RANGE AND PRECISION<sup>a</sup>

Substance	LOD (µg/sample)	Measurement	
		Range (mg)	Precision (%)
benzene	0.5	0.004-0.35	0.013
p- <i>tert</i> -butyltoluene	1.1	0.013-1.09	0.017 <sup>a</sup>
cumene	0.6	0.039-3.46	0.017
ethylbenzene	0.5	0.045-8.67	0.015
α-methylstyrene	0.6	0.036-3.57	0.014
β-methylstyrene	0.6	0.036-0.728	0.014
toluene	0.7	0.024-4.51	0.022
o-xylene	0.8	0.044-10.4	0.014
m-xylene	0.8	0.043-0.864	0.013
p-xylene	0.7	0.043-0.861	0.015
styrene	0.4	0.181-8.49	0.014

<sup>a</sup> Corrected value, calculated from data in [5].

# ANEXO 3: Límites permisibles OSHA Tabla Z-1

OSHA Annotated Table Z-1<sup>(a)</sup>

\*Go to list of all footnotes

Substance	CAS No. <sup>(a)</sup>	Regulatory Limits			Recommended Limits	
		OSHA PEL <sup>(b)</sup>		Cal/OSHA PEL <sup>(f)</sup> <i>(as of 3/22/2012)</i>	NIOSH REL <sup>(a)</sup> <i>(as of 7/7/14)</i>	ACGIH <sup>®</sup> 2019 TLV <sup>®</sup> <sup>(h)</sup>
		ppm <sup>(d)</sup>	mg/m <sup>3</sup> <sup>(e)</sup>	8-hour TWA (ST) STEL (C) Ceiling	Up to 10-hour TWA (ST) STEL (C) Ceiling	8-hour TWA (ST) STEL (C) Ceiling
Acetaldehyde	75-07-0	200	380	(C) 25 ppm	Ca See Appendix A See Appendix C	(C) 25 ppm
Acetic acid	64-19-7	10	25	10 ppm (ST) 15 ppm (C) 40 ppm	10 ppm (ST) 15 ppm	10 ppm (ST) 15 ppm
Acetic anhydride	108-24-7	5	20	(C) 5 ppm	(C) 5 ppm	1 ppm (ST) 3 ppm
Acetone	67-64-1	1000	2400	500 ppm (ST) 750 ppm (C) 3000 ppm	250 ppm	250 ppm (ST) 500 ppm
Acetonitrile	75-05-8	40	70	40 ppm (ST) 60 ppm	20 ppm	20 ppm
2-Acetylaminofluorene; see 1910.1014	53-98-3			See Section 5209	Ca See Appendix A	
Acetylene dichloride; see 1,2-Dichloroethylene						
Acetylene tetrabromide	79-27-6	1	14	1 ppm	See Appendix D	0.1 ppm
Acrolein	107-02-8	0.1	0.25	(C) 0.1 ppm	0.1 ppm (ST) 3 ppm	(C) 0.1 ppm
Acrylamide	79-06-1		0.3	0.03 mg/m <sup>3</sup>	Ca 0.03 mg/m <sup>3</sup> See Appendix A	0.03 mg/m <sup>3</sup> (IFV)
Acrylonitrile; see 1910.1045	107-13-1			2 ppm Section 5213	Ca 1 ppm (C) 10 ppm [15-min] See Appendix A	2 ppm
Aldrin	309-00-2		0.25	0.25 mg/m <sup>3</sup>	Ca 0.25 mg/m <sup>3</sup> See Appendix A	0.05 mg/m <sup>3</sup> (IFV)
Allyl alcohol	107-18-6	2	5	0.5 ppm (ST) 4 ppm	2 ppm (ST) 4 ppm	0.5 ppm
Allyl chloride	107-05-1	1	3	1 ppm (ST) 2 ppm	1 ppm (ST) 2 ppm	1 ppm (ST) 2 ppm
Allyl glycidyl ether (AGE)	108-92-3	(C) 10	(C) 45	0.2 ppm	5 ppm (ST) 10 ppm	1 ppm
Allyl propyl disulfide	2179-59-1	2	12	2 ppm (ST) 3 ppm	2 ppm	0.5 ppm
alpha-Alumina	1344-28-1			see PNOR	See Appendix D	See TLV <sup>®</sup> for Aluminum, metal and insoluble compounds
Total dust			15	10 mg/m <sup>3</sup>		

Total dust			15	10 mg/m <sup>3</sup>		
Respirable fraction			5	5 mg/m <sup>3</sup>		
<b>Aluminum Metal (as Al)</b>	7429-90-5					
Total dust			15	10 mg/m <sup>3</sup>	10 mg/m <sup>3</sup>	
Respirable fraction;			5	5 mg/m <sup>3</sup>	5 mg/m <sup>3</sup>	1 mg/m <sup>3</sup>
4-Aminodiphenyl see 1910.1011	92-67-1			See Section 5209	Ca See Appendix A	Exposure by all routes should be carefully controlled to levels as low as possible
2-Aminoethanol; see Ethanolamine						
2-Aminopyridine	504-29-0	0.5	2	0.5 ppm	0.5 ppm	0.5 ppm
Ammonia	7664-41-7	50	35	25 ppm (ST) 35 ppm	25 ppm (ST) 35 ppm	25 ppm (ST) 35 ppm
<b>Ammonium sulfamate</b>	7773-06-0					
Total dust			15	10 mg/m <sup>3</sup>	10 mg/m <sup>3</sup>	10 mg/m <sup>3</sup>
Respirable fraction			5	5 mg/m <sup>3</sup>	5 mg/m <sup>3</sup>	
n-Amyl acetate	628-83-7	100	525	50 ppm (ST) 100 ppm	100 ppm	50 ppm (ST) 100 ppm
sec-Amyl acetate	628-38-0	125	650	50 ppm (ST) 100 ppm	125 ppm	50 ppm (ST) 100 ppm
Aniline and homologs	62-53-3	5	19	2 ppm (aniline only)	Ca See Appendix A	2 ppm (aniline only)
Anisidine (o-,p-isomers)	29191-52-4		0.5	0.5 mg/m <sup>3</sup>	Ca 0.5 mg/m <sup>3</sup> See Appendix A	0.5 mg/m <sup>3</sup>
Antimony and compounds (as Sb)	7440-36-0		0.5	0.5 mg/m <sup>3</sup>	0.5 mg/m <sup>3</sup>	0.5 mg/m <sup>3</sup>
ANTU (alpha Naphthylthiourea)	88-88-4		0.3	0.3 mg/m <sup>3</sup>	0.3 mg/m <sup>3</sup>	0.3 mg/m <sup>3</sup>
Arsenic, inorganic compounds (as As) see 1910.1018	7440-38-2			0.01 mg/m <sup>3</sup> See Section 5214	Ca (C) 0.002 mg/m <sup>3</sup> [15-min] See Appendix A	0.01 mg/m <sup>3</sup>
Arsenic, organic compounds (as As)	7440-38-2		0.5	0.2 mg/m <sup>3</sup>	None	
Arsine	7784-42-1	0.05	0.2	0.05 ppm	Ca 0.002 mg/m <sup>3</sup> [15-min] See Appendix A	0.005 ppm
Asbestos; see 1910.1001	Varies with compound			See Section 5208	Ca 0.1 f/cm <sup>3</sup> See Appendix A See Appendix C	0.1 f/cc (resp. fiber)
Azinphos-methyl	88-50-0		0.2	0.2 mg/m <sup>3</sup>	0.2 mg/m <sup>3</sup>	0.2 mg/m <sup>3</sup> (IFV)
Barium, soluble compounds (as Ba)	7440-39-3		0.5	0.5 mg/m <sup>3</sup>	0.5 mg/m <sup>3</sup>	0.5 mg/m <sup>3</sup>
<b>Barium sulfate</b>	7727-43-7			see PNOR		
Total dust			15	10 mg/m <sup>3</sup>	10 mg/m <sup>3</sup>	5 mg/m <sup>3</sup> (no asbestos and < 1% crystalline silica)
Respirable fraction			5	5 mg/m <sup>3</sup>	5 mg/m <sup>3</sup>	
<b>Benomyl</b>	17804-35-2				See Appendix D	1 mg/m <sup>3</sup> (IHL)
Total dust			15	10 mg/m <sup>3</sup>		

<b>Benomyl</b>	17804-35-2				See Appendix D	1 mg/m <sup>3</sup> (IHL)
Total dust			15	10 mg/m <sup>3</sup>		
Respirable fraction			5	5 mg/m <sup>3</sup>		
Benzene; See 1910.1028; See Table Z-2 for the limits applicable in the operations or sectors excluded in 1910.1028 <sup>(1)</sup>	71-43-2			1 ppm (ST) 5 ppm See Section 5218	Ca 0.1 ppm (ST) 1 ppm See Appendix A	0.5 ppm (ST) 2.5 ppm
Benzidine; See 1910.1010	92-87-5			See Section 5209	Ca See Appendix A See Appendix C	Exposure by all routes should be carefully controlled to levels as low as possible
p-Benzoquinone; see Quinone						
Benzo(a)pyrene; see Coal tar pitch volatiles						
Benzoyl peroxide	94-38-0		5	5 mg/m <sup>3</sup>	5 mg/m <sup>3</sup>	5 mg/m <sup>3</sup>
Benzyl chloride	100-44-7	1	5	0.03 ppm	(C) 1 ppm [15 min]	1 ppm
Beryllium and beryllium compounds (as Be); see 1910.1024 <sup>(1)</sup>	7440-41-7					
Biphenyl; see Diphenyl						
<b>Bismuth telluride, Undoped</b>	1304-82-1					
Total dust			15	10 mg/m <sup>3</sup>	10 mg/m <sup>3</sup>	10 mg/m <sup>3</sup>
Respirable fraction			5	5 mg/m <sup>3</sup>	5 mg/m <sup>3</sup>	
<b>Boron oxide</b>	1303-86-2					
Total dust			15	10 mg/m <sup>3</sup>	10 mg/m <sup>3</sup>	10 mg/m <sup>3</sup>
Boron trifluoride	7637-07-2	(C) 1	(C) 3	(C) 1 ppm	(C) 1 ppm	0.1 ppm (C) 0.7 ppm
Bromine	7726-95-6	0.1	0.7	(C) 0.1 ppm	0.1 ppm (ST) 0.3 ppm	0.1 ppm (ST) 0.2 ppm
Bromoform	75-25-2	0.5	5	0.5 ppm	0.5 ppm	0.5 ppm
Butadiene (1,3-Butadiene); See 29 CFR 1910.1051; 29 CFR 1910.19 <sup>(1)</sup>	106-99-0	1 ppm / 5 ppm STEL		1 ppm (ST) 5 ppm See Section 5201	Ca See Appendix A	2 ppm
Butanethiol; see Butyl mercaptan						
2-Butanone (Methyl ethyl ketone)	78-93-3	200	590	200 ppm (ST) 300 ppm	200 ppm (ST) 300 ppm	200 ppm (ST) 300 ppm
2-Butoxyethanol	111-76-2	50	240	20 ppm	5 ppm	20 ppm
n-Butyl-acetate	123-86-4	150	710	150 ppm (ST) 200 ppm	150 ppm (ST) 200 ppm	<sup>(1)</sup>
sec-Butyl acetate	105-46-4	200	950	200 ppm	200 ppm	<sup>(1)</sup>
tert-Butyl-acetate	540-88-5	200	950	200 ppm	200 ppm	<sup>(1)</sup>
n-Butyl alcohol	71-36-3	100	300	(C) 50 ppm	(C) 50 ppm	20 ppm
sec-Butyl alcohol	78-92-2	150	450	100 ppm	100 ppm (ST) 150 ppm	100 ppm
tert-Butyl alcohol	75-85-0	100	300	100 ppm (ST) 150 ppm	100 ppm (ST) 150 ppm	100 ppm

# ANEXO 4: Tabla Z-2 OSHA

## Annotated OSHA Z-2 Table<sup>(a)</sup>

\*Go to list of all footnotes

Regulatory Limits					Recommended Limits		
OSHA PELs <sup>(b)</sup>					Cal/OSHA PEL <sup>(a)</sup> <i>(as of 3/29/2019)</i>	NIOSH REL <sup>(d)</sup> <i>(as of 7/7/15)</i>	ACGIH <sup>(e)</sup> 2019 TLV <sup>(e)</sup>
Substance	8-hour Time Weighted Average (TWA)	Acceptable Ceiling Concentration	Acceptable maximum peak above the acceptable ceiling concentration for an 8-hr shift				
			Concentration	Maximum Duration	8-hour TWA (ST) STEL (C) Ceiling	Up to 10-hour TWA (ST) STEL (C) Ceiling	8-hour TWA (ST) STEL (C) Ceiling
Benzene <sup>(f)</sup> (Z37.40-1989)	10 ppm	25 ppm	50 ppm	10 min		See Annotated Table Z-1	
Beryllium and beryllium compounds <sup>(i)</sup> (Z37.29-1970)	2 µg/m <sup>3</sup>	5 µg/m <sup>3</sup>	25 µg/m <sup>3</sup>	30 min	0.2 µg/m <sup>3</sup> (ST) 2 µg/m <sup>3</sup> (C) 25 µg/m <sup>3</sup>	Ca (C) 0.5 µg/m <sup>3</sup> . See Appendix A	0.05 µg/m <sup>3</sup> (IHL)
Cadmium fume <sup>(j)</sup> (Z37.5-1970)	0.1 mg/m <sup>3</sup>	0.3 mg/m <sup>3</sup>				See Annotated Table Z-1	
Cadmium dust <sup>(k)</sup> (Z37.5-1970)	0.2 mg/m <sup>3</sup>	0.6 mg/m <sup>3</sup>				See Annotated Table Z-1	
Carbon disulfide (Z37.3-1988)	20 ppm	30 ppm	100 ppm	30 min	1 ppm (ST) 12 ppm (C) 30 ppm	1 ppm (ST) 10 ppm	1 ppm
Carbon tetrachloride (Z37.17-1987)	10 ppm	25 ppm	200 ppm	5 min in any 3 hr	2 ppm (ST) 10 ppm (C) 200 ppm	Ca (ST) 2 ppm [60-min] See Appendix A	5 ppm (ST) 10 ppm
Chromic acid and chromates <sup>(h)</sup> (Z37-7-1971)		1 mg/10m <sup>3</sup>			See Chromium (VI) compounds in Annotated Table Z-1		
Ethylene dibromide (Z37.31-1970)	20 ppm	30 ppm	50 ppm	5 min	(C) 0.13 ppm. See Section 5219	Ca 0.045 ppm (C) 0.13 ppm [15-min] See Appendix A	See TLV <sup>(e)</sup> Documentation on Ethylene dibromide
Ethylene dichloride (Z37.21-1989)	50 ppm	100 ppm	200 ppm	5 min in any 3 hr	1 ppm (ST) 2 ppm (C) 200 ppm	Ca 1 ppm (ST) 2 ppm See Appendix A See Appendix C Chloroethanes	10 ppm
Fluoride as dust (Z37.28-1989)	2.5 mg/m <sup>3</sup>				2.5 mg/m <sup>3</sup>	2.5 mg/m <sup>3</sup>	2.5 mg/m <sup>3</sup> as F
Formaldehyde See 1910.1048					See Annotated Table Z-1		
Hydrogen fluoride (Z37.28-1989)	3 ppm				0.4 ppm as F (ST) 1 ppm as F	3 ppm (C) 8 ppm [15-min]	0.5 ppm as F (C) 2 ppm as F
Hydrogen sulfide (Z37.2-1988)		20 ppm	50 ppm	10 min once only if no other measurable exposure occurs.	10 ppm (ST) 15 ppm (C) 50 ppm	(C) 10 ppm [10-min]	1 ppm (ST) 5 ppm
Mercury (Z37.8-1971)		0.1 mg/m <sup>3</sup>			0.025 mg/m <sup>3</sup> for metallic and inorganic	0.05 mg/m <sup>3</sup>	0.025 mg/m <sup>3</sup> (elemental and inorganic)

Mercury (Z37.8-1971)		0.1 mg/m <sup>3</sup>			0.025 mg/m <sup>3</sup> for metallic and inorganic	0.05 mg/m <sup>3</sup>	0.025 mg/m <sup>3</sup> (elemental and inorganic)
Methyl chloride (Z37.18-1989)	100 ppm	200 ppm	300 ppm	5 min in any 3 hr	50 ppm (ST) 100 ppm (C) 300 ppm	Ca See Appendix A	50 ppm (ST) 100 ppm
Methylene Chloride See 1910.1052					25 ppm (ST) 125 ppm See Section 5202	Ca See Appendix A	50 ppm
Organo (alkyl) mercury (Z37.30-1969)	0.01 mg/m <sup>3</sup>	0.04 mg/m <sup>3</sup>			0.01 mg/m <sup>3</sup> (ST) 0.03 mg/m <sup>3</sup> (C) 0.04 mg/m <sup>3</sup>	0.01 mg/m <sup>3</sup> (ST) 0.03 mg/m <sup>3</sup>	0.01 mg/m <sup>3</sup> (ST) 0.03 mg/m <sup>3</sup>
Styrene (Z37.15-1969)	100 ppm	200 ppm	600 ppm	5 min in any 3 hr	50 ppm (ST) 100 ppm (C) 500 ppm	50 ppm (ST) 100 ppm	20 ppm (ST) 40 ppm
Tetrachloroethylene	100 ppm	200 ppm	300 ppm	5 min in any 3 hr	25 ppm (ST) 100 ppm (C) 300 ppm	Ca See Appendix A	25 ppm (ST) 100 ppm
Toluene (Z37.12-1987)	200 ppm	300 ppm	500 ppm	10 min	10 ppm (ST) 150 ppm (C) 500 ppm	100 ppm (ST) 150 ppm	20 ppm
Trichloroethylene (Z37.19-1987)	100 ppm	200 ppm	300 ppm	5 min in any 2 hr	25 ppm (ST) 100 ppm (C) 300 ppm	Ca See Appendix A See Appendix C	10 ppm (ST) 25 ppm

## Annotated Z-2 Table Footnotes, Abbreviations, References

(a) The unshaded area on this page Lists PELs from OSHA Table Z-2 in 29 CFR 1910.1000. The shaded area of this page lists other occupational exposure limits (OELs) from Cal/OSHA, NIOSH, and ACGIH®.

(b) Occupational Safety and Health Administration (OSHA) Permissible Exposure Limits (PELs) from 29 CFR 1910.1000 Z-2 Table; [82 FR 42018, August 4, 1997] as amended [71 FR 36009, June 23, 2006]. OSHA entries for beryllium and beryllium compounds from 82 FR 2470, January 9, 2017. PELs are 8-hour time weighted averages (TWAs) unless otherwise indicated. OSHA enforces these limits under section 5(a)(2) of the OSH Act. In addition to the values listed in this table, the Z tables in 29 CFR 1910.1000 list skin absorption designations.

(c) California Division of Occupational Safety and Health (Cal/OSHA) Permissible Exposure Limits (PELs) from Table AC-1 last viewed March 29, 2019, viewable at [http://www.dir.ca.gov/title8/5155table\\_ac1.html](http://www.dir.ca.gov/title8/5155table_ac1.html). Cal/OSHA enforces its PELs in workplaces under its jurisdiction. Cal/OSHA has established occupational exposure limits for compounds not included in the OSHA Z Tables. Please see Cal/OSHA Table AC-1 for additional limits, the most current limits, and other designations such as skin absorption. The Cal/OSHA AC-1 table and regulations should be consulted for explanations.

(d) National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH) Recommended Exposure Limits (RELs) from the NIOSH Pocket Guide to Chemical Hazards (<http://www.cdc.gov/niosh/npg/>) (NIOSH Web site accessed on July 7, 2018). RELs are for up to 10-hour time weighted averages (TWAs) during a 40-hour work week unless otherwise indicated. NIOSH has established occupational exposure limits for compounds not included in the OSHA Z Tables. Please see the NIOSH Pocket Guide for additional limits, skin absorption and other designations, and explanations.

(e) ACGIH® Threshold Limit Values (TLV®s) (ACGIH® 2019). TLV®s are listed in the order of 8-hour time weighted averages (TWAs), STELs (ST), and Ceilings (C), if available. ACGIH® has established TLV®s for compounds not included in the OSHA Z Tables. Please see ACGIH® Documentation for additional limits, skin absorption and other designations, and explanations. The 2019 TLV® and BEI® Book and Documentation of the Threshold Limit Values on Chemical Substances, 7th Edition are available through the ACGIH® website at <http://www.acgih.org>. The TLV®s and BEI®s are copyrighted by ACGIH® and are not publicly available. Permission must be requested from ACGIH® to reproduce the TLV®s and BEI®s. Click here for permission request form.

(f) This standard applies to the industry segments exempt from the 1 ppm 8-hour TWA and 5 ppm STEL of the benzene standard at 1910.1028.

(g) This standard applies to any operations or sectors for which the Cadmium standard, 1910.1027, is stayed or otherwise not in effect.

(h) This standard applies to any operations or sectors for which the exposure limit in the Chromium (VI) standard, Sec. 1910.1028, is stayed or is otherwise not in effect.

(i) This standard applies to any operations or sectors for which the exposure limits in the beryllium standard, § 1910.1024, are stayed or is otherwise not in effect.

## Abbreviations

C = Ceiling limit  
 Ca = Potential occupational carcinogens  
 CAS No. = Chemical Abstract Service Number  
 hr = hour  
 m<sup>3</sup> = cubic meters  
 mg/m<sup>3</sup> = milligram per cubic meter  
 min = minutes  
 ppm = parts per million  
 .IHL = Inhalable  
 ST = Short Term Exposure Limit  
 TWA = Time Weighted Average  
 µg/m<sup>3</sup> = microgram per cubic meter

## References

ACGIH® 2019 Threshold Limit Values for Chemical Substances in the Work Environment. Adopted by ACGIH® with Intended Changes. See <http://www.acgih.org/>.

California Division of Occupational Safety and Health (Cal/OSHA) Table AC-1, Permissible Exposure Limits (PELs), in California Code of Regulations (CCR) Title 8 Section 5155, last viewed March 29, 2019. Viewable at [http://www.dir.ca.gov/title8/5155table\\_ac1.html](http://www.dir.ca.gov/title8/5155table_ac1.html).

National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH) (2018) NIOSH Pocket Guide to Chemical Hazards. Department of Health and Human Services. Centers for Disease Control and Prevention. National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH). Web site accessed on July 7, 2018. Available at <https://www.cdc.gov/niosh/npg>.

Occupational Safety and Health Administration (OSHA) (2017) Air Contaminants. 29 CFR 1910.1000 [82 FR 2735, January 9, 2017]. Web site accessed on April 4, 2018. Available at <http://www.osha.gov/laws-regs/regulations/standardnumber/1910/1910.1000>.

## ANEXO 5: Límites permisibles para contaminantes químicos (Normativa del Estado de California)

TABLE AC-1  
PERMISSIBLE EXPOSURE LIMITS FOR CHEMICAL CONTAMINANTS

Chemical Abstracts Registry Number <sup>(a)</sup>	Skin <sup>(b)</sup>	Name <sup>(c)</sup>	PEL <sup>(d)</sup>			STEL <sup>(e)</sup>	
			ppm <sup>(f)</sup>	mg/M <sup>(g)</sup>	Ceiling <sup>(h)</sup>	ppm <sup>(f)</sup>	mg/M <sup>(g)</sup>
75070		Acetaldehyde	25	45	C		
64197		Acetic acid	10	25	40 ppm	15	37
108247		Acetic Anhydride	5	20	C		
67641		Acetone	500	1200	3000 ppm	750	1780
75868		Acetone cyanohydrin as CN	4.7	5	C		
75058	S	Acetonitrile	40	70		60	105
98862		Acetophenone	10	49			
53963	S	2-Acetylaminofluorene; N-fluoren-2-yl acetamide; see Section 5209					11
74862		Acetylene	(h)				
540590		Acetylene dichloride; see 1,2-Dichloroethylene					
79276		Acetylene tetrabromide; 1,1,2,2-tetrabromoethane	1	14			
79345		Acetylene tetrachloride; see 1,1,2,2-Tetrachloroethane					
50782		Acetylsalicylic acid (Aspirin)		5			
107028	S	Acrolein	0.1	0.25	C		
79061	S	Acrylamide	--	0.03			
79107	S	Acrylic acid	2	5.9			
107131	S	Acrylonitrile; see Section 5213	2	4.5			
124049		Adipic acid	--	5			
111693	S	Adiponitrile	2	8.8			
309002	S	Aldrin; 1,2,3,4,10,10-hexachloro-1,4,4a,5,8,8a-hexahydro-endo-1,2-exo-5,8-dimethanonaphthalene	--	0.25			
107186	S	Allyl alcohol	0.5	1.25		4	10
107051		Allyl chloride	1	3		2	6
106923	S	Allyl glycidyl ether; AGE	0.2	0.93			
2179591		Allyl propyl disulfide	2	12		3	18
1344281		Alumina; see Particulates not otherwise regulated					
		Aluminum, alkyls (not otherwise classified)	--	2			
		Aluminum soluble salts	--	2			
		Aluminum metal and oxide	--				
		Total dust	--	10			
		Respirable fraction <sup>(i)</sup>	--	5 <sup>(k)</sup>			
		Aluminum pyro powders	--	5			
		Aluminum welding fumes	--	5			
300925		Aluminum distearate	--	10			
7047849		Aluminum stearate	--	10			
637127		Aluminum tristearate	--	10			
1300738		Aminodimethylbenzene; see Xylidene					
92671	S	4-Aminodiphenyl; see Section 5209					
141435		2-Aminoethanol; see Ethanolamine					
91598		2-Aminonaphthalene; see beta-Naphthylamine, Section 5209					
504290		2-Aminopyridine	0.5	2			
61825		Amitrole	--	0.2			
7664417		Ammonia	25	18		35	27
3825261	S	Ammonium perfluorooctanoate	--	00.1			

Footnotes (a) through (u) at end of Table AC-1

Page 1

TABLE AC-1  
PERMISSIBLE EXPOSURE LIMITS FOR CHEMICAL CONTAMINANTS

Chemical Abstracts Registry Number <sup>(1)</sup>	Skin <sup>(2)</sup>	Name <sup>(3)</sup>	PEL <sup>(4)</sup>			STEL <sup>(5)</sup>	
			ppm <sup>(6)</sup>	mg/M <sup>(7)</sup>	Ceiling <sup>(8)</sup>	ppm <sup>(6)</sup>	mg/M <sup>(7)</sup>
12125029		Ammonium chloride fume	--	10		--	20
1002897		Ammonium stearate	--	10			
7773060		Ammonium sulfamate	--				
		Total dust	--	10			
		Respirable fraction <sup>(9)</sup>	--	5			
620111		3-Amyl acetate, See Pentyl acetate					
628637		n-Amyl acetate, See Pentyl acetate					
626380		sec-Amyl acetate (all isomers and mixtures); See Pentyl acetate					
625161		tert-Amyl acetate, See Pentyl acetate					
62533	S	Aniline	2	7.6			
29191524	S	Anisidine (ortho and para isomers)	0.1	0.5			
		Antimony and compounds, as Sb	--	0.5			
86884		ANTU, 1-(1-naphthyl)-2-thiourea, Bantu; Rattract	--	0.3			
7440371		Argon	(h)				
7440382		Arsenic and inorganic arsenic compounds; see also Section 5214		0.01			
		Arsenic, organic compounds, as As	--	0.2			
7784421		Arsine, AsH <sub>3</sub>	0.05	0.2			
1332-21-4		Asbestos (including actinolite, amosite, anthophyllite, chrysotile, crocidolite, and tremolite); see Section 5208					
8052424		Asphalt (petroleum) fumes	--	5			
1912249		Atrazine	--	5			
86500	S	Azinphos methyl, o,o-dimethyl S-(4-oxo-1,2,3-benzotriazin-3(4H)-ylmethyl) phosphorodithioate	--	0.2			
3333526	S	2,2'-Azobisisobutyronitrile decomposition product, see Tetramethyl succinonitrile					
7440393		Barium, soluble compounds, as Ba	--	0.5			
7727437		Barium sulfate; see Particulates not otherwise regulated					
17804352		Benomyl					
		Total dust	--	10			
		Respirable fraction <sup>(9)</sup>	--	5			
71432	S	Benzene, see also Section 5218	1			5	--
92875	S	Benzidine, 4,4'-diaminobiphenyl, see Section 5209					
71432		Benzol, see Benzene					
106514		D-Benzoquinone; see Quinone					
98884		Benzoyl chloride	0.2	1.1	C		
94360		Benzoyl peroxide; dibenzoyl peroxide	--	5			
140114		Benzyl acetate	10	61			
100447		benzyl chloride, alpha-chlorotoluene	0.03	0.16			
7440417		Beryllium, and beryllium compounds as Be (see also Sections 1535.1, 5205 and 8359.1)	--	0.0002	0.025mg/M <sup>2</sup>	--	0.002
92524		Biphenyl, diphenyl, phenylbenzene	0.2	1.5			
542881		Bis(chloromethyl) ether, see bis-Chloromethyl ether, Section 5209					
3033623	S	Bis (Dimethylaminoethyl) ether (DMAEE)	0.05	0.328		0.15	0.983
1304821		Bismuth telluride					

Footnotes (a) through (u) at end of Table AC-1

Page 2



# ANEXO 6: Informe de Mediciones Laboratorio Ipsomary



## INFORME DE EXPOSICIÓN A CONTAMINANTES QUÍMICOS



**BENCENO**

**AGOSTO 2019**


Portada página 1 de 11

**IPSOMARY S.A.**  
Cda. 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



## CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN .....	3
2. ALCANCE .....	3
3. MARCO LEGAL .....	3
4. METODOLOGÍA.....	3
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 y comparación con los límites .....	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 19-025
		Página 3 de 11

### 1. INTRODUCCIÓN

El presente informe se genera en base al análisis del compuesto químico **BENCENO** en 4 avenidas principales del centro de la ciudad de Guayaquil. El fin de esta medición es poder determinar el grado de concentración del Benceno en las vías con mayor influencia de tráfico automotriz.

### 2. ALCANCE

El presente informe corresponde al análisis de **BENCENO** en las calles céntricas de Guayaquil las cuales son consideradas como avenidas con elevado tráfico vehicular, las intersecciones en donde se realizaron los monitoreos son: Av. 9 de Octubre y Machala; Av. Esmeraldas y Pedro Pablo Gómez; Lizardo García y Clemente Ballén; Av. 9 de Octubre y Tungurahua.

### 3. MARCO LEGAL

Los resultados encontrados serán comparados según lo descrito en la Norma de calidad de aire ambiente o nivel de inmisión anexo 4 libro VI, del TULSMA, reformado mediante el Acuerdo Ministerial 097-A y publicado en el Registro Oficial 387.

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

Contaminante	CAS N°	Nivel máximo permisible $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Tiempo de exposición
BENCENO	71-43-2	5	ANUAL

### 4. METODOLOGÍA

Para la determinación del contaminante químico en ambientes laborales, se utilizó un método específico establecido por la *NIOSH (National Institute for Occupational Safety 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 de análisis.

Se utilizaron bombas personales de muestreo marca: Gilian, modelo: 610-0901-03-R, las cuales operaron a un flujo de aire de 200cc por minuto; el flujo de aire de la bomba y por consiguiente el volumen total se escogió acorde a lo establecido en el método específico para Benceno; 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 para **BENCENO** es el **NIOSH 1501** el cual se realiza mediante cromatografía de gases FID; luego del muestreo establecido, se envían los medios a un laboratorio en Estados Unidos para el análisis según lo establecido en el método.

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	Contaminante	Descripción	Fecha del monitoreo	Tiempo de monitoreo Horas: minutos
P1.	BENCENO	Av. 9 de Octubre y Machala 623437E-9757994N±3	14 de agosto del 2019	1:30
P2.	BENCENO	Av. 9 de Octubre y Machala 622801E-9757273N±3	14 de agosto del 2019	1:30
P3.	BENCENO	Lizardo García y Clemente Ballén 622523E-9757764N±3	14 de agosto del 2019	1:30
P4.	BENCENO	Av. 9 de octubre y Tungurahua 622737E-9758208N±3	14 de agosto del 2019	1:30

A continuación, la descripción de las actividades realizadas correspondiente a la fecha de medición:

**P1., P2., P3., P4.-** Durante la medición se observó el paso continuo de vehículos livianos y pesados además del sistema de transporte público.

### 5.2. Condiciones ambientales

Las condiciones ambientales promedio durante las mediciones fueron:


PUNTO	DESCRIPCIÓN	TEMPERATURA °C	HUMEDAD RELATIVA %
P1.	Av. 9 de Octubre y Machala 623437E-9757994N±3	27.3	52.0
P2.	Av. 9 de Octubre y Machala 622801E-9757273N±3	28.4	52.3
P3.	Lizardo García y Clemente Ballén 622523E-9757764N±3	29.9	53.2
P4.	Av. 9 de Octubre y Tungurahua 622737E-9758208N±3	29.6	52.7

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

### 5.3. Resultado de análisis y comparación con los límites

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

Punto	Contaminante	Concentración Encontrada mg/m <sup>3</sup>	Nivel máximo permisible µg/m <sup>3</sup>
P1.	BENCENO	<0.056	5
P2.	BENCENO	<0.056	5
P3.	BENCENO	<0.056	5
P4.	BENCENO	<0.056	5

	<b>INFORME DE ANÁLISIS DE EXPOSICIÓN A CONTAMINANTES QUÍMICOS</b>	<b>Nº 19-025</b>
		Página 6 de 11


**6. CONCLUSIONES**

Los resultados reportados por el laboratorio se encuentran por debajo del límite de reporte, razón por la cual se presentan con el signo "<". Debido a esto no es posible realizar evaluación de cumplimiento con los límites máximos permitidos.

Informe emitido el 27 de agosto del 2019




Ing. Amb. Marlon Villamar Ms.C.  
Director Técnico  
IPSOMARY S.A.

	<b>INFORME DE ANÁLISIS DE EXPOSICIÓN A CONTAMINANTES QUÍMICOS</b>	<b>Nº 19-025</b>
		Página 7 de 11

7. ANEXOS

7.1. Anexo 1 - Fotografías

P1. Av. 9 de Octubre y Machala



P2. Esmeraldas y Pedro Pablo Gómez





INFORME DE ANÁLISIS  
DE EXPOSICIÓN A CONTAMINANTES QUÍMICOS

Nº 19-025

Página 8 de 11

P3. Lizardo García y Clemente Ballén



P4. Av. 9 de Octubre y Tungurahua





# ANEXO 7: REPORTES DE LABORATORIO



## ANALYTICAL REPORT

Report Date: August 26, 2019

Andrea Chicaiza  
Tesis  
Prosperina Coop 12 Oct MZ  
1350 SL 22  
Calles de Guayaquil

Workorder: **34-1923669**  
Client Project ID: Calles De Guayaquil  
Purchase Order: NA  
Project Manager: Jessica Helland

### Analytical Results

Sample ID: <b>P1</b>		Collected: 08/14/2019		
Lab ID: 1923669001	Sampling Location: Calles De Guayaquil	Received: 08/19/2019		
Method: NIOSH 1501	Media: SKC 228-01, Charcoal Tube 100/50mg	Instrument: GCE33		
Sampling Info: Air Volume 18 L		Analyzed: 08/21/2019 (248145)		
Analyte	Result (mg/sample)	Result (mg/m <sup>3</sup> )	Result (ppm)	RL (mg/sample)
Benzene	<0.0010	<0.056	<0.017	0.0010

Sample ID: <b>P2</b>		Collected: 08/14/2019		
Lab ID: 1923669002	Sampling Location: Calles De Guayaquil	Received: 08/19/2019		
Method: NIOSH 1501	Media: SKC 228-01, Charcoal Tube 100/50mg	Instrument: GCE33		
Sampling Info: Air Volume 18 L		Analyzed: 08/21/2019 (248145)		
Analyte	Result (mg/sample)	Result (mg/m <sup>3</sup> )	Result (ppm)	RL (mg/sample)
Benzene	<0.0010	<0.056	<0.017	0.0010

Sample ID: <b>P3</b>		Collected: 08/14/2019		
Lab ID: 1923669003	Sampling Location: Calles De Guayaquil	Received: 08/19/2019		
Method: NIOSH 1501	Media: SKC 228-01, Charcoal Tube 100/50mg	Instrument: GCE33		
Sampling Info: Air Volume 18 L		Analyzed: 08/21/2019 (248145)		
Analyte	Result (mg/sample)	Result (mg/m <sup>3</sup> )	Result (ppm)	RL (mg/sample)
Benzene	<0.0010	<0.056	<0.017	0.0010

ADDRESS 960 West LeVoy Drive, Salt Lake City, Utah, 84123 USA | PHONE +1 801 266 7700 | FAX +1 801 268 9992  
ALS GROUP USA, CORP. An ALS Limited Company

Environmental

[www.alsglobal.com](http://www.alsglobal.com)

RIGHT SOLUTIONS RIGHT PARTNER



## ANALYTICAL REPORT

Workorder: **34-1923669**

Client Project ID: Calles De Guayaquil

Purchase Order: NA

Project Manager: Jessica Helland

### Analytical Results

Sample ID: <b>P4</b>	Collected: 08/14/2019			
Lab ID: 1923669004	Sampling Location: Calles De Guayaquil	Received: 08/19/2019		
Method: NIOSH 1501	Media: SKC 226-01, Charcoal Tube 100/50mg	Instrument: GCE33		
	Sampling Info: Air Volume 18 L	Analyzed: 08/21/2019 (246145)		
Analyte	Result (mg/sample)	Result (mg/m <sup>3</sup> )	Result (ppm)	RL (mg/sample)
Benzene	<0.0010	<0.056	<0.017	0.0010

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

Method	Analyst	Peer Review
NIOSH 1501	iS/ Young Hee Yoon 08/24/2019 16:58	iS/ Thomas J. Mascian 08/26/2019 11:35

### Laboratory Contact Information

ALS Environmental  
960 W Levoy Drive  
Salt Lake City, Utah 84123

Phone: (801) 266-7700  
Email: als.lab@ALSGlobal.com  
Web: www.alsinc.com

### 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)	L17-506	<a href="http://www.pjlabs.com">http://www.pjlabs.com</a>
	PJLA (ISO 17025)	L17-507-R1	<a href="http://www.pjlabs.com">http://www.pjlabs.com</a>
	Utah (TNI)	UT00953	<a href="http://lams.nelap-institute.org/search">http://lams.nelap-institute.org/search</a>
	Iowa (TNI)	IA# 376	<a href="http://www.shl.uiowa.edu/labcert/idnr/">http://www.shl.uiowa.edu/labcert/idnr/</a>
	Kansas	E-10416	<a href="http://www.kdheks.gov/envlab/disclaimer.html">http://www.kdheks.gov/envlab/disclaimer.html</a>
Industrial Hygiene	AIHA (ISO 17025 & AIHA IHLAP)	101574	<a href="http://www.aihaaccreditedlabs.org">http://www.aihaaccreditedlabs.org</a>
	DOECAP-AP	L18-806	<a href="http://www.pjlabs.com">http://www.pjlabs.com</a>
	Washington	C596	<a href="https://ecology.wa.gov/Regulations-Permits/Permits-certifications/Laboratory-Accreditation">https://ecology.wa.gov/Regulations-Permits/Permits-certifications/Laboratory-Accreditation</a>
Dietary Supplements	PJLA (ISO 17025)	L17-507-R1	<a href="http://www.pjlabs.com">http://www.pjlabs.com</a>



## ANALYTICAL REPORT

Workorder: **34-1923669**

Client Project ID: Calles De Guayaquil

Purchase Order: NA

Project Manager: Jessica Helland

### 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.

**ANEXO 8: Certificado y alcance de acreditación del laboratorio externo**  
**Se adjunta el certificado de acreditación de norma ISO 17025 del laboratorio externo que realizó el análisis.**





**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.

**Industrial Hygiene Laboratory Accreditation Program (IHLAP)**

**Initial Accreditation Date: 06/01/1974**

<b>IHLAP Scope Category</b>	<b>Field of Testing (FoT) (FoTs cover all relevant IH matrices)</b>	<b>Technology sub-type/ Detector</b>	<b>Published Reference Method/Title of In-house Method</b>	<b>Method Description or Analyte (for internal methods only)</b>
<b>Chromatography Core</b>	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		
		NIOSH 2510 Modified		
	GC/MS	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 <i>(for internal methods only)</i>
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 <i>(for internal methods only)</i>
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-165SG				
OSHA ID-186SG				
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		
		LC/MS	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				

Effective: 04/10/2015  
 101574\_Scope\_IHLAP\_2018\_02\_28  
 Page 8 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	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	
	X-ray Diffraction (XRD)		NIOSH 7500 Modified		
			NIOSH 7504 Modified		
	UV/VIS (Colorimetric)		NIOSH ID 142 Modified		
			NIOSH 3500 Modified		
			NIOSH 3503		
			NIOSH 6010 Modified		
NIOSH 6014					
NIOSH 6015 Modified					
NIOSH 7600 Modified					
NIOSH 7904 Modified					
OSHA ID-006					
OSHA ID-1268G 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 <i>(for internal methods only)</i>
Asbestos/Fiber Microscopy Core	Polarized Light Microscopy (PLM)		NIOSH 9002 Modified	
	Phase Contrast Microscopy (PCM)		NIOSH 7400 Modified	
Miscellaneous Core	Titrimetric		NIOSH 7401 Modified	
	Gravimetric		NIOSH 0500	
			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	
		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 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.

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.aihaaccreditedlabs.org>

**ANEXO 9:** Certificado de Calibración Se adjunta el certificado de calibración de las bombas.



**Sensidyne Certificate of Performance  
GILAIR PLUS Sampling Pumps**

This document certifies that the product below performs in accordance with factory specifications. Sensidyne's volumetric test equipment is traceable to NIST. Sensidyne, LP is an ISO 9001-2008 registered company.

GILAIR PLUS Assembly, STP, P/N 610-0901-03-R  
Serial Number 20181130047

Month of Manufacture: November 2018

Set Flow cc/min	Set BP Inches H2O	Set BP Inches H2O	Set BP Inches H2O	Set BP Inches H2O	Acceptable Minimum cc/min	Acceptable Maximum cc/min	Back Pressure Regulation *****
50	5	10	25	40	47	53	±2.5%
440	5	10	25	40	418	462	±2.5%
450	5	10	20	40	427	473	±2.5%
1000	5	10	20	40	950	1050	±2.5%
2000	5	10	20	40	1900	2100	±2.5%
5000	5	10	15	-	4750	5250	±2.5%

\*\*\*\*\* Back pressure regulation is the maximum deviation of the most extreme points from the midpoint of the flow rate measured across the back pressure range. The deviation is expressed as a percentage of the lowest observed flow rate. It is calculated as  $((\text{highest flow} - \text{lowest flow})/2)/(\text{lowest flow})$ .

Technician Stamp 



## Anexo 10: Resultados de Monitoreos en la ciudad de Cuenca para benceno (Informe del Año 2017) Pagina 27 del informe.

### SUBREDES ACTIVAS, PASIVA Y DE DEPÓSITO

Los criterios de cobertura para los contaminantes que se registran mediante las subredes activa, pasiva y de depósito, son los siguientes:

Material particulado  $MP_{10}$ ; para el cálculo de las concentraciones medias diarias, se requiere al menos de 23 horas de muestreo. Para el

cálculo de medias mensuales y anuales se necesita por lo menos de 2/3 del total período, con registros válidos

Ozono ( $O_3$ ), dióxido de nitrógeno ( $NO_2$ ), dióxido de azufre ( $SO_2$ ) y Partículas Sedimentables (PS); para los promedios mensuales y anuales

se necesita por lo menos de 2/3 del total período, con registros válidos. Para los registros de las subredes activa, pasiva y de depósito (Tabla 4), la cobertura varió entre 96 y 100%.

El Anexo B incluye los registros de las subredes activa, pasiva y de depósito.

Contaminante	Cobertura (%) *	Número de muestras por año
Material particulado ( $MP_{10}$ )	95.6	175
Dióxido de azufre ( $SO_2$ )	100.0	204
Ozono ( $O_3$ )	100.0	228
Dióxido de nitrógeno ( $NO_2$ )	99.1	228
Partículas sedimentables (PS)	100.0	204

(\*) La cobertura de la medición de la calidad del aire se basa en el número de muestras válidas en un determinado período de tiempo con respecto al máximo previsto, expresado como porcentaje.

**Tabla 4:**  
Cobertura temporal de datos de las subredes activa, pasiva y de depósito, de la Red de Monitoreo de la Calidad del Aire de Cuenca. Año 2017

Aunque la red pasiva también recolecta muestras para la cuantificación benceno, tolueno, etilbenceno y xilenos (BTEX); por motivos operativos, hasta el cierre del presente

informe, no se dispone de los resultados de laboratorio del año 2017. No obstante, el Anexo B incluye los resultados pendientes de los años 2015 y 2016.

Las concentraciones medias anuales de benceno para los años 2015 y 2016 fueron  $3.77 \mu\text{g}/\text{m}^3$  y  $2.74 \mu\text{g}/\text{m}^3$  respectivamente, menores al promedio anual establecido en la NCAA ( $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

## **DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN**

Yo, **Chicaiza Chévez, Andrea Rosario**, con C.C: 0923168991 autora del trabajo de titulación: **Evaluación de niveles de BENCENO en nuevas áreas complementarias en el centro urbano de la ciudad de Guayaquil y en combustibles, 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, 16 de septiembre del 2019

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

**Chicaiza Chévez, Andrea Rosario**

**C.C: 0923168991**



## 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 nuevas áreas complementarias en el centro urbano de la ciudad de Guayaquil y en combustibles, para formular recomendaciones sobre el control de este contaminante, por parte de las autoridades ambientales competentes.		
<b>AUTOR(ES)</b>	Chicaiza Chévez Andrea Rosario		
<b>REVISOR(ES)/TUTOR(ES)</b>	Ing. Vásquez 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>	16 de septiembre del 2019	<b>No. DE PÁGINAS:</b>	99
<b>ÁREAS TEMÁTICAS:</b>	Ingeniería Civil, Ingeniería Ambiental, Ingeniería Química		
<b>PALABRAS CLAVES/KEYWORDS:</b>	Contaminantes, benceno, Calidad del aire, límites permisibles, monitoreos, salud humana		
<b>RESUMEN/ABSTRACT:</b>	<p>En la actualidad la contaminación ambiental ha surgido como una de las problemáticas más críticas a controlar, esto se debe a las emisiones de contaminantes altamente peligrosos para la salud humana; es así que organizaciones como la Organización Mundial de la salud han establecido límites aceptables y tolerables de exposición para contaminantes químicos con lo cual se garantice la calidad del recurso aire y precautelar la salud de los seres humanos. Dentro de los contaminantes, existen diversos compuestos, pero esta investigación se centra en el hidrocarburo benceno, el cual ha sido identificado como un compuesto tóxico y cancerígeno, al cual el ser humano debería estar expuesto a cantidades mínimas para evitar daños crónicos en el sistema inmunológico y problemas del aparato respiratorio. El Ecuador a pesar de tener una normativa regulatoria como la Norma de Calidad del Aire, (TULSMA LIBRO VI ANEXO 4) no se posee mayor conocimiento sobre la calidad del aire en el territorio nacional. En el 2010 el Ministerio del Ambiente intentó establecer un Plan Nacional para Mejorar la calidad del aire. En esta propuesta, se identificó que la ciudad de Guayaquil no tiene ninguna red de monitoreo de calidad del aire, por lo cual la información sobre las concentraciones de contaminantes en Guayaquil es escasa, es de aquí que parte el interés de analizar las concentraciones de contaminantes como el benceno, en puntos estratégicos dentro del área céntrica de la ciudad, para verificar si el tráfico vehicular incide en las concentraciones de benceno.</p>		
<b>ADJUNTO PDF:</b>	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	
<b>CONTACTO AUTOR/ES:</b>	<b>CON</b>	<b>Teléfono:</b> +593-4-2047437	E-mail: andreina_mals@hotmail.com
<b>CONTACTO INSTITUCIÓN (COORDINADOR DEL PROCESO UTE)::</b>	<b>CON LA INSTITUCIÓN DEL</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>			