

Universidad Internacional del Ecuador

Escuela de Ingeniería Automotriz



Tema:
**Análisis Ambiental Mediante el Método de Tubos Pasivos para la
Determinación de Concentraciones en el Aire de los Gases
Contaminantes en el Norte de la Ciudad de Guayaquil**

Proyecto para la obtención del Título de Ingeniero Automotriz

Autor:
Luis Alfredo Cali Galarza

Director:
Ing. Fernando Gómez Berrezueta, MsC.

Guayaquil-Ecuador
Julio, 2020

UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR**Escuela de Ingeniería Automotriz****Certificado****Ing. Fernando Gómez Berrezueta, MsC.****CERTIFICA**

Que el trabajo titulado “Análisis Ambiental Mediante el Método de Tubos Pasivos para la Determinación de Concentraciones en el Aire de los Gases Contaminantes en el Norte de la Ciudad de Guayaquil”, realizado por el estudiante: Luis Alfredo Cali Galarza, ha sido guiado y revisado periódicamente y cumple las normas estatutarias establecidas por La Universidad Internacional del Ecuador, en el Reglamento de Estudiantes.

Debido a que constituye un trabajo de excelente contenido científico que coadyuvará a la aplicación de conocimientos y al desarrollo profesional. El mencionado trabajo consta de un empastado que contiene toda la información de este trabajo. Autoriza al señor Luis Alfredo Cali Galarza, que lo entregue a biblioteca de la Escuela, en su calidad de custodia de recursos y materiales bibliográficos.

Guayaquil, julio 2020

Ing. Fernando Gómez Berrezueta, MsC.

Director de Proyecto

Universidad Internacional del Ecuador**Escuela de Ingeniería Automotriz****Certificado y acuerdo de confidencialidad**

Yo, Luis Alfredo Cali Galarza, declaro bajo juramento, que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido presentado anteriormente para ningún grado o calificación profesional y que se ha consultado la bibliografía detallada.

Cedo mis derechos de propiedad intelectual a la Universidad Internacional del Ecuador, para que sea publicado y divulgado en internet; según lo establecido en la Ley de Propiedad Intelectual, reglamento y leyes.

Luis Alfredo Cali Galarza
C.I: 0931425557

Dedicatoria

Este trabajo dedico a mi familia especialmente a mi madre, Ana Galarza I., quien me dio su apoyo incondicional al iniciar mis estudios superiores, además de ser mi amiga y pilar a lo largo de mi vida; a mi padre, Alfredo Cali A., quien ha sido mi ejemplo a seguir, demostrándome a valorar las cosas.

Ambos son merecedores de todo reconocimiento y agradecimiento, ya que sin su ayuda todo esto no sería posible.

Agradecimiento

Agradezco a Dios por todas las bendiciones que ha derramado sobre mí y mi familia; por haberme permitido cumplir un logro en mi vida académica.

A mis padres quienes han sido el pilar a lo largo de mi vida, sus consejos y apoyo día a día, a mis hermanos quienes durante cinco años de carrera universitaria me ayudaron emocionalmente para poder seguir con mis estudios además de convertirse en espejo para seguir los mismos pasos.

De igual forma a mi enamorada Silvia Loayza Baldeón quien me ayudó a perseguir mis sueños además de enseñarme a no rendirme pese a las circunstancias; al mismo tiempo por su colaboración en mi carrera universitaria y realización del trabajo de titulación.

Así mismo a Josué Vera Vélez, un gran amigo que me brindó su ayuda para el desarrollo del presente trabajo desinteresadamente.

También agradezco al Ing. Fernando Gómez Berrezueta por haber aceptado ser mi tutor académico para el desarrollo del presente trabajo de titulación, su dirección y consejos a lo largo del desarrollo de este.

Finalmente agradezco a los docentes de la Escuela de Ingeniería Automotriz de la Universidad Internacional del Ecuador extensión Guayaquil quienes compartieron sus conocimientos en las aulas, me llevo una de las mejores experiencias.

Índice General

Dedicatoria.....	iv
Agradecimiento.....	v
Índice General.....	vi
Índice de Figuras.....	xi
Índice de Tablas.....	xiii
Resumen.....	xv
Abstract.....	xvii
Capítulo I.....	1
Antecedentes.....	1
1.1 Tema de Investigación.....	1
1.2 Planteamiento, Formulación y Sistematización del Problema.....	1
1.2.1. Planteamiento del Problema.....	1
1.2.2. Formulación del Problema.....	4
1.2.3. Sistematización del Problema.....	4
1.3 Objetivos de la Investigación.....	4
1.3.1. Objetivo General.....	4
1.3.2. Objetivos Específicos.....	5

1.4	Alcance.....	5
1.5	Justificación.....	5
1.5.1.	Justificación Teórica.....	5
1.5.2.	Justificación Metodológica.....	6
1.5.3.	Justificación Práctica.....	6
1.5.4.	Delimitación Temporal.....	6
1.5.5.	Delimitación Geográfica.....	6
1.5.6.	Delimitación del Contenido.....	7
1.6	Hipótesis.....	7
1.7	Variables de la Hipótesis.....	7
1.7.1.	Variables Dependientes.....	7
1.7.2.	Variables Independientes.....	8
	Capítulo II.....	9
	Marco de Referencia.....	9
2.1	Marco Teórico.....	9
2.1.1	Parque Vehicular.....	9
2.1.2	Congestión o Tráfico Vehicular.....	9
2.1.2	Emisión.....	10
2.1.3	Contaminantes Atmosféricos Primarios.....	10
2.1.4	Contaminantes Atmosféricos Secundarios.....	10

2.1.5	Fuente de Emisión Móvil.....	10
2.1.6	Impacto Ambiental.....	10
2.1.7	Métodos de Medición de la Calidad del Aire.....	11
2.1.8	Métodos Activos.....	11
2.1.9	Métodos Pasivos.....	13
2.1.10	Monóxido de Carbono (CO).....	16
2.1.11	Hidrocarburos (HC).....	16
2.1.12	Ozono (O₃).....	17
2.1.13	Dióxido de Azufre (SO₂).....	17
2.1.14	Óxidos de Nitrógeno (NO_x).....	18
2.1.15	Efectos Adversos del Cambio Climático.....	18
2.1.16	Cambio Climático.....	19
2.1.17	Calidad del Aire.....	19
2.1.18	Límite de Emisión de Contaminante al Aire.....	19
2.1.19	Lluvia Ácida.....	19
2.1.20	Norma de Calidad de Aire o Nivel de Inmisión del Ecuador.....	20
2.1.21	Normas ISO Para la Gestión Ambiental.....	21
2.2	Marco Conceptual.....	22
2.2.1	Zonas con Alta Concentración Vehicular.....	22
2.2.2	Contaminación Ambiental por Emisión de Gases de los Automóviles.....	22

2.2.3	Enfermedades Causadas por Emisiones Vehiculares.....	22
2.2.4	Tubos Colorimétricos Gastec.....	23
2.2.5	Fuentes Móviles.....	24
2.2.6	Cambio Climático.....	25
2.2.7	Factores Meteorológicos Básicos de la Contaminación Atmosférica.....	25
2.2.8	Parámetros que Influyen en la Dispersión de los Contaminantes.....	25
2.2.9	Capa Límite Diurna.....	26
2.2.10	Capa Límite Nocturna.....	26
2.2.11	Autopista.....	27
	Capítulo III.....	28
	Metodología Aplicada.....	28
3.1	Metodología de la Investigación.....	28
3.2	Tipo de Investigación.....	28
3.3	Selección del Lugar con Mayor Congestionamiento en el Norte de la Ciudad de Guayaquil.....	28
3.4	Población de la Investigación.....	34
3.5	Muestra de la Investigación.....	35
3.5	Criterios Para la Validación del Lugar y Hora de Estudio.....	36
3.6	Medición de los Gases Contaminantes.....	37
	Capítulo IV.....	40

Análisis e Interpretación de Resultados.....	40
4.1 Resultados.....	40
4.2 Conversión de los Resultados.....	40
4.3 Comparación de los Resultados con los Límites Permisibles Según la Norma de Calidad de Aire o Nivel de Inmisión del Ecuador.....	41
4.4 Evaluación del Cumplimiento de los Resultados de Acuerdo con los Límites Permisibles Según la Norma de Calidad de Aire o Nivel de Inmisión del Ecuador.....	42
Conclusiones.....	43
Recomendaciones.....	44
Bibliografía.....	45
Anexos.....	47

Índice de Figuras

Figura 1 Cifras del Parque Vehicular a Nivel Nacional (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, 2018).....	1
Figura 2 Cifras de las Provincias con Mayor Incremento del Parque Vehicular (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, 2018).....	2
Figura 3 Delimitación geográfica.....	7
Figura 4 Congestión Vehicular en la Av. Pedro Menéndez Gilbert.....	9
Figura 5 Ciclo y Consecuencias de la Lluvia Ácida. (Acciona, s.f.).....	20
Figura 6 Tubos Colorimétricos Gastec.....	23
Figura 7 Datos Técnicos del Tubo Colorimétrico (Monóxido de Carbono).....	23
Figura 8 Datos Técnicos del Tubo Colorimétrico (Dióxido de Nitrógeno).....	24
Figura 9 Datos Técnicos del Tubo Colorimétrico (Dióxido de Azufre).....	24
Figura 10 Tiempo y Distancia del Trayecto Recorrido en la Av. Pedro Menéndez Gilbert, 6:30:00 am.....	29
Figura 11 Tiempo y Distancia del Trayecto Recorrido en la Av. Luis Plaza Dañín, 6:30:00 am.....	29
Figura 12 Tiempo y Distancia del Trayecto Recorrido en la Av. Pedro Menéndez Gilbert, 7:30:00 am.....	30

Figura 13 Tiempo y Distancia del Trayecto Recorrido en la Av. Luis Plaza Dañín, 7:30:00 am.....	30
Figura 14 Tiempo y Distancia del Trayecto Recorrido en la Av. Pedro Menéndez Gilbert, 8:30:00 am.....	31
Figura 15 Tiempo y Distancia del Trayecto Recorrido en la Av. Luis Plaza Dañín, 8:30:00 am.....	31
Figura 16 Tiempo y Distancia del Trayecto Recorrido en la Av. Luis Plaza Dañín, 9:30:00 am.....	32
Figura 17 Tiempo y Distancia del Trayecto Recorrido en la Av. Luis Plaza Dañín, 9:30:00 am.....	32
Figura 18 Pasos para la Ruptura del Tubo Colorimétrico Gastec.....	38
Figura 19 Ubicación de Tubos Colorimétricos Gastec para Iniciar la Medición.....	38

Índice de Tablas

Tabla 1 Métodos Activos para la Medición de Gases.....	12
Tabla 2 Metodologías Empleadas en Métodos Activos para el Análisis de Gases.....	13
Tabla 3 Métodos Pasivos para la Medición de Gases.....	14
Tabla 4 Metodologías Empleadas en Métodos Pasivos para el Análisis de Gases.....	15
Tabla 5 Límite de Sustancias en el Aire (Ministerio del Medio Ambiente, 2011).....	21
Tabla 6 Tiempos obtenidos en campo para la determinación del lugar con mayor congestiónamiento vehicular.....	33
Tabla 7 Cifras del Censo Vehicular para la Obtención de la Población.....	34
Tabla 8 Vehículos Motorizados Matriculados en el Año 2018, Clasificados por su Tipo de Combustible, Año 2018.....	35
Tabla 9 Cifras del Censo Vehicular para la Obtención de la Muestra.....	36
Tabla 10 Resultados Obtenidos de la Medición de los Gases Emitidos por Fuentes Vehiculares.....	40
Tabla 11 Conversión de los Resultados de los Gases Contaminantes de ppm a $\mu\text{g}/\text{m}^3$, Lunes 2 de Marzo del 2020.....	40
Tabla 12 Conversión de los Resultados de los Gases Contaminantes de ppm a $\mu\text{g}/\text{m}^3$, Viernes 6 de Marzo del 2020.....	41

Tabla 13 Comparación de los Resultados Obtenidos el Primer Día de Medición con los Límites Permisibles Según la Norma de Calidad de Aire o Nivel de Inmisión del Ecuador.....	41
Tabla 14 Comparación de los Resultados Obtenidos el Segundo Día de Medición con los Límites Permisibles Según la Norma de Calidad de Aire o Nivel de Inmisión del Ecuador.....	41
Tabla 15 Evaluación del Cumplimiento de los Resultados de Acuerdo con los Límites Permisibles Según la Norma de Calidad de Aire o Nivel de Inmisión del Ecuador.....	42

Resumen

La contaminación ambiental es la consecuencia de las malas acciones producidas por las diversas actividades antropogénicas, las cuales producen un efecto negativo en el planeta y que con el pasar de los años va empeorando considerablemente, a su vez compromete también la salud de sus habitantes; si bien es cierto hay campañas para ser amigables con el medio ambiente para poder revertir este daño, poco o nada ha cambiado las malas prácticas de las personas.

Las fuentes contaminantes son varias, pero la contaminación industrial y vehicular son de las más significativas, por eso la necesidad de determinar el efecto que están causando en cuanto a su aporte de material nocivo al medio ambiente.

La ciudad de Guayaquil es la segunda ciudad principal del Ecuador después de su capital Quito, mismo lugar que ocupa en cuanto a cifras de vehículos matriculados hasta la actualidad, cifra que relaciona directamente a circulación vehicular.

En el presente proyecto se trata de colaborar con la determinación de la contaminación vehicular y cuando se produce en mayor proporción en las horas donde su congestión es mayor, lo cual generalmente se da en calles que conectan con el centro de la ciudad, factores que despertaron interés en el tema de este proyecto y consideraciones para poder realizarlo.

En este proyecto se llevará a cabo un análisis ambiental empleando tubos colorimétricos los cuales manejan un rango aceptable de sus mediciones, esta herramienta ha sido aprobada y certificada por la Administración de Seguridad y Salud Ocupacional también conocida por sus siglas “OSHA”; esta herramienta es capaz de medir la concentración de diversos gases contaminantes, mismos que tomando en cuenta ciertos criterios técnicos ayudaran a garantizar que la contaminación ambiental proviene de fuentes móviles vehiculares, todo esto basado en estudios previamente realizados y conceptos primordiales para el desarrollo del trabajo.

De esta forma con la ayuda de las normas de organismos nacionales e internacionales que regulan, monitorean y controlan la calidad del aire en el ambiente, se obtendrá un estudio el cual ayudará a determinar cuál es el nivel de contaminación que existe en el punto de medición; para esto se hará una comparación obtenidos en medición con los límites permisibles según la Norma de Calidad de Aire o nivel de Inmisión del Ecuador. estén presentes en nuestra ciudad para lograr disminuir la contaminación vehicular y sucesivamente del medio ambiente.

Palabras clave: contaminación ambiental, tubos colorimétricos, fuentes móviles vehiculares, congestión, gases contaminantes.

Abstract

Environmental pollution is the consequence of the bad actions produced by the various anthropogenic activities, which produce a negative effect on the planet, which over the years worsens considerably, and in turn also compromises the health of its population; Although it is true that there are campaigns to be friendly to the environment in order to reverse this damage, little or nothing has changed people's bad practices.

The polluting sources are various, but industrial and vehicular pollution are among the most significant, therefore is the need to determine the effect they are causing their contribution of harmful material to the environment.

The city of Guayaquil is the second main city in Ecuador after its capital Quito, same place it occupies in terms of numbers of vehicles registered to date, a figure that relates directly to vehicular traffic

The present project is about collaborating with the determination of vehicular contamination and when it occurs in a greater proportion in the hours when its congestion is greatest, which generally occurs in streets that connect to the city center, factors that aroused interest in the subject of this project and considerations to carry it out.

In this project, an environmental analysis will be carried out using colorimetric tubes which handle an acceptable range of its measurements. This tool has been approved and certified by the Occupational Safety and Health Administration, also known by its initials "OSHA"; This tool is capable of measuring the concentration of various polluting gases, in which, taking into account certain technical criteria, will help ensure that environmental pollution comes from mobile vehicle sources, all based on previously carried out studies and primordial concepts for the development of the work.

In this way, with the help of the norms of national and international organizations that regulate, monitor and control the quality of the air in the environment, a study will be obtained which will help determine the level of contamination that exists at the measurement point. For this, a comparison will be made obtained in measurement with the permissible limits according to the Air Quality Standard or Immission level of Ecuador are present in our city, to reduce vehicle pollution and successively from the environment.

Keywords: environmental pollution, colorimetric tubes, vehicular mobile sources, congestion, polluting gases

Capítulo I

Antecedentes

1.1 Tema de Investigación

Análisis ambiental mediante el método de tubos colorimétricos pasivos para la determinación de concentraciones en el aire de los gases contaminantes en el norte de la ciudad de Guayaquil.

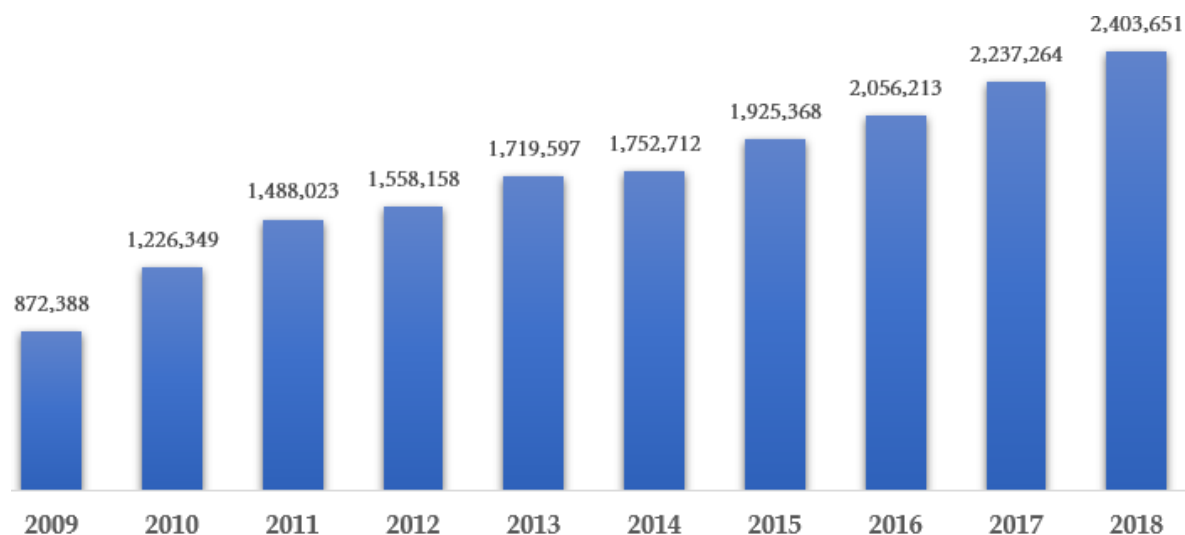
1.2 Planteamiento, Formulación y Sistematización del Problema

1.2.1. Planteamiento del Problema

El parque vehicular en los últimos años ha incrementado notoriamente a nivel mundial y nuestro país no ha sido la excepción, los datos del INEC demuestran un 7% de incremento durante los años 2017-2018, como se puede apreciar en la Figura 1.

Figura 1

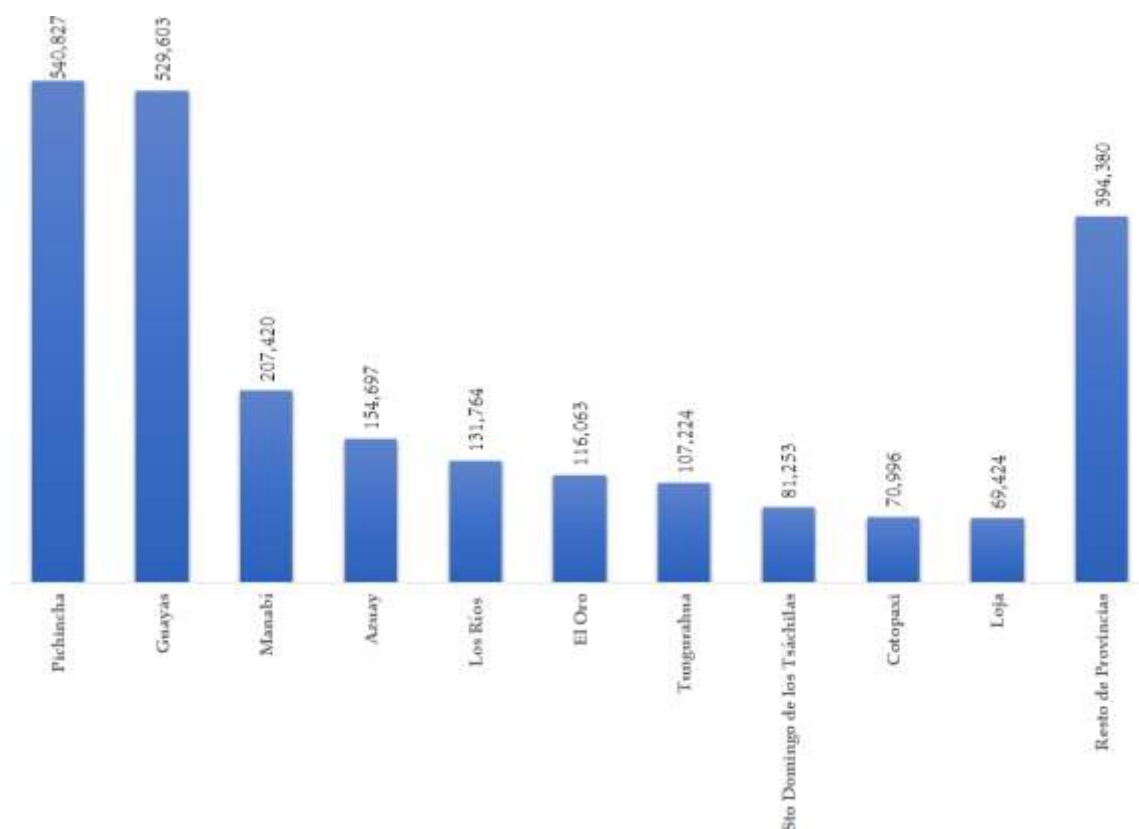
Cifras del Parque Vehicular a Nivel Nacional (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, 2018)



La provincia del Guayas contribuye significativamente con el parque automotor, siendo la segunda provincia con mayor cantidad de vehículos matriculados debajo de Tungurahua, datos reflejados en la Figura 2.

Figura 2

Cifras de las Provincias con Mayor Incremento del Parque Vehicular (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, 2018)



Si bien es cierto el uso de los vehículos se ha vuelto indispensable, ya que es el medio de transporte más empleado en la ciudad (Naciones Unidas, 2016), desgraciadamente no todos los aspectos son positivos ya que la circulación vehicular va ligada a la emisión de gases contaminantes la cual repercute notoriamente en el impacto ambiental lo cual afecta a la contaminación del aire (Ministerio del medio ambiente, 2016), por lo que las autoridades ambientales requieren una metodología para evaluar las áreas de impacto vial, lo que permite a

los gerentes iniciar contramedidas , particularmente en circunstancias en las que los datos históricos meteorológicos y / o de calidad del aire no están disponibles (Huertas, Huertas, & Valencia, 2017).

En la ciudad de Guayaquil las revisiones técnicas vehiculares están a cargo del Consorcio SGS, sin embargo, el proceso de medición de gases vehiculares se lo realiza de forma estática, omitiendo la medición de forma dinámica, se conoce por estudios ya realizados que el vehículo en estas condiciones aumenta considerablemente el número de emisiones contaminantes; razón que lleva a que se debería considerar otros aspectos para las revisiones vehiculares.

Los gases contaminantes producidos por los vehículos a gasolina tales como: óxido de nitrógeno (NOx), monóxido de carbono (CO), dióxido de carbono (CO₂) y otros (Herrera, Rodríguez, & Rojas, 2011); los que principalmente influyen en los problemas de salud y bienestar ciudadano, por lo que es necesario realizar un estudio del medio ambiente para poder determinar el nivel de concentración de estos gases en un sector con alta circulación vehicular, que nos permita determinar las medidas más adecuadas y viables para la reducción de la misma; teniendo en consideración los parámetros indicados por el Ministerio del medio ambiente según Norma de Calidad de Aire o nivel de Inmisión del Ecuador.

El problema en mención dificulta que las autoridades puedan tomar medidas que sirvan a la reducción de gases contaminantes vehiculares, ya que no existen inventarios de gases contaminantes actuales, mediciones en condiciones dinámicas del vehículo o algún estudio local de la situación.

1.2.2. *Formulación del Problema*

¿Realizar un estudio de concentraciones de los gases contaminantes en el aire de un sector, de alta circulación vehicular, de Guayaquil que permita relacionar el incremento del parque vehicular con la contaminación ambiental, en función de la emisión de gases emitidos por vehículos a gasolina; que permita a las autoridades competentes desarrollar normativas y reglamentaciones enfocadas al medio ambiente o la circulación vehicular?

1.2.3. *Sistematización del Problema*

- ¿De qué manera influye el aumento del parque vehicular en Guayaquil con respecto al medio ambiente?
- ¿Qué impacto tienen las emisiones de los vehículos a gasolina en el medio ambiente?
- ¿Cuáles son las normas y consideraciones técnicas para tener presente para el estudio ambiental?
- ¿Qué factores se deben considerar para la determinación del lugar de estudio ambiental?
- ¿De qué manera se contribuye a la ciudad de Guayaquil al realizar un estudio ambiental de las concentraciones de los gases contaminantes en uno de sus lugares con mayor circulación vehicular?

1.3 Objetivos de la Investigación

1.3.1. *Objetivo General*

Realizar un análisis ambiental utilizando el método de tubos colorimétricos pasivos para la determinación de la concentración de los gases contaminantes que emiten los vehículos a gasolina en un punto de mayor circulación vehicular en el norte de la ciudad de Guayaquil.

1.3.2. Objetivos Específicos

- Determinar el sector con mayor circulación vehicular en el norte de la ciudad de Guayaquil.
- Implementar el método de tubos pasivos para establecer las concentraciones en el aire, de los gases contaminantes que son emitidos por los vehículos a gasolina.
- Analizar los datos obtenidos tras la medición de los gases contaminantes en base a la Norma de Calidad de Aire o nivel de Inmisión del Ecuador.

1.4 Alcance

La información presente en el trabajo de investigación se fundamenta en base a normas medioambientales y trabajos de medición del aire, en donde se trata sobre modelos de monitorear la calidad del aire para determinar la concentración de gases presentes en el aire, para lo cual se debe considerar:

- El método de medición y sus limitantes.
- Análisis para la determinación del lugar de estudio.
- Factores ambientales que permitan una mejor medición.

1.5 Justificación

1.5.1. Justificación Teórica

El estudio ambiental propuesto tiene como finalidad aportar al conocimiento existente e información previamente obtenida por estudios realizados en cuanto al tema en mención, cuyos resultados beneficiarán a diversas instituciones de interés, para la elaboración de medidas que ayuden a mejorar la calidad del aire en la ciudad de Guayaquil, dentro de las cuales se podrían incluir la elaboración de una norma ambiental relacionada estrictamente a la emisión de gases

vehiculares, creación de nuevas vías de acceso, campañas de concientización, entre otras medidas convenientes.

1.5.2. Justificación Metodológica

La aplicación de un análisis ambiental mediante el método de tubos pasivos colorimétricos, siguiendo un proceso metódico teniendo en cuenta criterios de validación y previamente certificado por organismos internacionales como la Administración de Seguridad y Salud Ocupacional (OSHA) además de estudios ya realizados, demuestran resultados veraces y confiables para realizar un análisis ambiental.

1.5.3. Justificación Práctica

Esta investigación se realiza con el propósito de que existan datos reales por las emisiones vehiculares relacionados con flujo vehicular lo cual tendrá una delimitación geográfica, analizando diversos factores que permite garantizar que la medición proviene de fuentes vehiculares y condición de funcionamiento del motor, y plantear medidas que reduzcan el uso del vehículo para poder mantener un medio ambiente menos contaminado para el bienestar ciudadano.

1.5.4. Delimitación Temporal

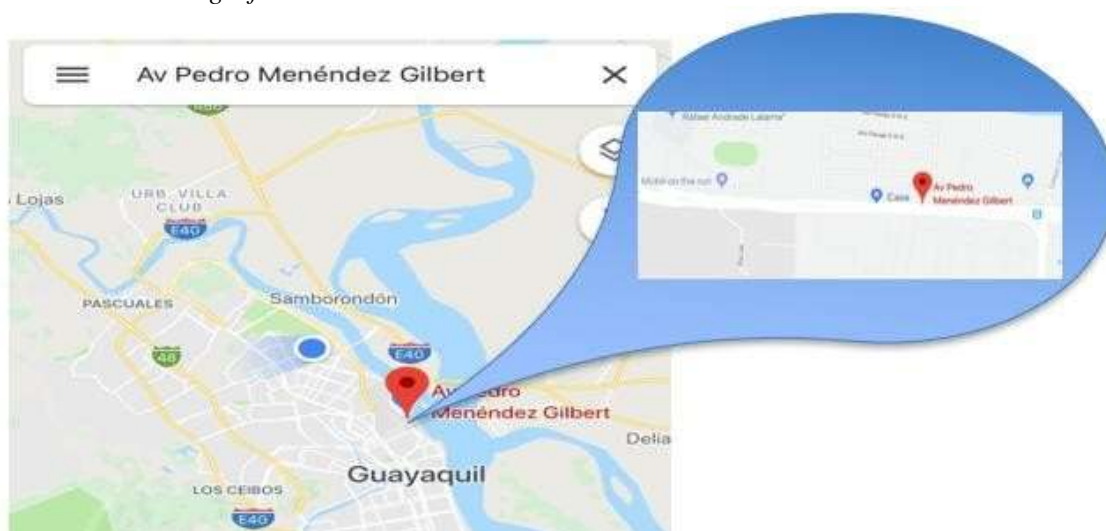
El trabajo se desarrollará desde el mes de julio de 2019, hasta julio de 2020, tiempo que permitirá realizar el estudio, así como la toma de medidas y análisis de los datos obtenidos.

1.5.5. Delimitación Geográfica

El trabajo se desarrollará en la Avenida Pedro Menéndez Gilbert situada al Norte de la ciudad de Guayaquil, sector con alta circulación vehicular.

Figura 3

Delimitación Geográfica



1.5.6. Delimitación del Contenido

La información detallada en el presente documento está basada en temas relacionados con las regulaciones del medio ambiente y estudios previamente realizados acerca de la emisión de gases vehiculares y normas ambientales, así como el método de tubos colorimétricos pasivos para la determinación de concentraciones de aire; además de las formas y fuentes para la determinación de zonas con alto nivel de contaminación en puntos específicos de una ciudad.

1.6 Hipótesis

El nivel de emisión de los gases contaminantes emitidos por los vehículos en el punto de estudio supera los límites permitidos por la Norma de Calidad de Aire o Nivel de Inmisión del Ecuador.

1.7 Variables de la Hipótesis

1.7.1 Variables Dependientes

- Nivel de contaminación ambiental

1.7.2 Variables Independientes

- Método de aplicación para el estudio
- Delimitación de los recursos

Capítulo II Marco de Referencia

2.1 Marco Teórico

2.1.1 Parque Vehicular

El parque vehicular es la base de datos que muestra el número de unidades vehiculares registradas por los gobiernos estatales y municipales, de acuerdo con el tipo de vehículo y el servicio que presta, además de la producción y venta nacional de automotores (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, 2016).

2.1.2 Congestión o Tráfico Vehicular

Es la obstrucción o entorpecimiento del paso, la circulación o el movimiento de algo, en nuestro caso, es el tránsito vehicular.

Habitualmente se entiende como la condición en que existen muchos vehículos circulando y cada uno de ellos avanza de forma lenta e irregular (Bull, 2003).

Figura 4

Congestión Vehicular en la Av. Pedro Menéndez Gilbert



2.1.2 Emisión

Es la descarga de sustancias gaseosas, puras o con sustancias de suspensión en la atmósfera (Ministerio del Medio Ambiente, 2011).

Puede provenir de varias fuentes como: fuentes móviles o fijas.

2.1.3 Contaminantes Atmosféricos Primarios

Los contaminantes atmosféricos primarios provienen de varias fuentes, y por su naturaleza y composición química es diversa, entre los contaminantes más frecuentes emitidos hacia la atmósfera están: Óxidos de Azufre (SO_x), Óxidos de Nitrógeno (NO_x), Monóxido de Carbono (CO), Hidrocarburos, todos estos en mayor porcentaje.

Todos estos constituyen aproximadamente el 90% de los contaminantes del aire.

2.1.4 Contaminantes Atmosféricos Secundarios

Los contaminantes atmosféricos secundarios presentes en la atmósfera tienen como particularidad que no solo son emitidos de una fuente, es decir, son sustancias producidas a través de reacciones químicas fotoquímicas entre los gases contaminantes primarios y factores ambientales, como otros gases en el ambiente (precursores) en presencia de una fuerte radiación solar, dando paso a gases como el ozono, peróxidos, radicales libres, aldehídos, partículas sólidas, entre otras.

2.1.5 Fuente de Emisión Móvil

Es la fuente de emisión que, por su razón de uso, es susceptible desplazarse. Son fuentes móviles los vehículos, las motocicletas, entre otras (Herrera, Rodríguez, & Rojas, 2011).

2.1.6 Impacto Ambiental

El impacto ambiental es la alteración del medio ambiente, provocada directa o indirectamente por un proyecto o actividad en un área determinada, es decir la modificación del

ambiente ocasionado por la acción del hombre o de la naturaleza (Ministerio del medio ambiente, 2016).

2.1.7 *Métodos de Medición de la Calidad del Aire*

La medición de contaminantes atmosféricos se puede lograr a través de diversos métodos que se agrupan de acuerdo con sus principios de medición en: métodos activos y pasivos (SINAICA, 2008).

2.1.8 *Métodos Activos*

Para emplear estos métodos sus equipos requieren de una fuente de energía para la recolección de la muestra; se los puede clasificar en: burbujeadores (gases) e impactadores (partículas) (SINAICA, 2008).

Actualmente los más utilizados son los equipos capaces de medir PM10 y PM25, esto por su bajo costo y uso sencillo.

Ventajas: fácil de operar, costo accesible, calibración sencilla de los equipos, obtención de resultados en poco tiempo, se deben ubicar lejos de la fuente de contaminación ya que su sensibilidad puede dañar el equipo.

Desventajas: requieren una fuente de alimentación eléctrica para trabajar, generalmente muestran valores promedio mas no máximos y mínimos, se debe muestrear por intervalos de tiempo mayor a 8 horas según el gas, se requiere de un laboratorio para su análisis.

Tabla 1*Métodos Activos para la Medición de Gases*

Método	Contaminante	Recomendaciones
Bolsas de plástico y depósitos de vidrio o metal	N ₂ , O ₂ , CO, CO ₂ , HC y VOCs	Antes de utilizarlos límpielos con un chorro de aire purificado o con nitrógeno
Absorción en fase líquida en frascos o botellas	SO ₂ , NO _x	Algunos de estos frascos deberán meterse en hielo durante su colección
Instrumentos de adsorción, para coleccionar gases orgánicos y algunos inorgánicos	NO ₂ , PAN (Nitrato de peroxiacetilo)	Capacitación en el manejo de las muestras ya que estas pueden variar con la temperatura
Denuders” para la separación por difusión de gases de partícula	Aerosoles y gases ácidos, ácido nítrico, bióxido de azufre y amoníaco	Capacitar a los técnicos en el manejo de las muestras y de los tubos de vidrio ya que son frágiles
Filtros impregnados químicamente.	SO ₂	Verificar que el material de filtro no reaccione con el químico a impregnar

Para un funcionamiento adecuado se requieren condiciones ambientales controladas y constantes o con cambios no severos (temperatura, ausencia de vibraciones, humedad, velocidad del viento, entre otras).

Las técnicas instrumentales de análisis se pueden adaptar al foco de emisión, teniendo en cuenta las precauciones respectivas para poder realizar un mantenimiento correcto y a su vez monitorear los equipos; cuando los equipos están alejados del foco se facilita la tarea y además prolonga la vida del equipo ya que la dispersión de gases aumenta.

Tabla 2*Metodologías Empleadas en Métodos Activos para el Análisis de Gases*

Contaminante	Metodología	Análisis	Comentarios
NO ₂	Método Griess-Saltzman. (Límite 10-40ppb)	Espectrofotometría o Colorimetría	No es recomendable para períodos de muestro igual o mayor a 24 horas
	Método TGS-ANSA +	Espectrofotometría	Ventajas de estabilidad de la reacción con respecto al método de Saltzman
CO	Colección en “canister” de acero inoxidable	Monitor de CO	Es posible coleccionar una muestra durante tiempo determinado y llevar el análisis gracias a que el CO es inerte en estas condiciones
SO ₂	Método acidimétrico	Titulación	Método no específico para SO ₂ , mide acidez total. La interferencia de amoníaco produce bajos resultados
	Método de cromatografía de iones	Cromatografía de iones	
	Método de filtro impregnado.	Extracción, método de Thorin o cromatografía de iones	Procedimientos analíticos complejos

2.1.9 Métodos Pasivos

Este método colecciona un contaminante específico por medio de absorción el cual puede ser analizado en un laboratorio o de manera inmediata dependiendo del equipo empleado.

Después de su exposición por un intervalo de tiempo (el fabricante determina el tiempo) se obtiene la muestra para ser analizada cuantitativamente.

Los equipos utilizados son presentados en diferentes tamaños y formas, principalmente en forma de tubos o discos (SINAICA, 2008).

Ventajas: simples de usar, no requiere de energía eléctrica y bajos costos.

Desventajas: no son desarrollados para todos los compuestos, proporcionan valores promedios, sus resultados son referenciales.

Tabla 3

Métodos Pasivos para la Medición de Gases

Tipo de equipo	Contaminante	Recomendaciones
Tubos colorimétricos	NO ₂ , NO, CO, O ₃ , Pb y SO ₂	Periodos de medición largos y cortos, bajo costo en comparación al resto de equipos, verificar la caducidad de los tubos.
Tubos de difusión: absorbentes y adsorbentes	VOCs, NH ₃ , HNO ₃ , Cl ₂	El tiempo de almacenaje deberá ser lo más corto posible, utilizando un congelador
Tubos de "Palmas"	NO ₂ , SO ₂	Es muy importante que se coloque protegido del viento, para que su factor de difusión sea constante
Burbujeadores Pasivos	Formaldehídos principalmente	No olvidar reemplazar la tapa que retiene el disco de difusión por una tapa sólida cuando el dispositivo se transporte al laboratorio
Depósitos de polvos, colectores de polvos sedimentables	Polvos sedimentables.	Utilizar un diseño uniforme de estos dispositivos dentro de una misma red
Papeles Indicadores	Bromo; cianuro de hidrógeno; fluoruro de hidrógeno y anhídrido sulfuroso	Es de suma importancia la preparación y almacenamiento de estos papeles

Tabla 4*Metodologías Empleadas en Métodos Pasivos para el Análisis de Gases*

Contaminante	Metodología	Análisis	Comentarios
NO ₂	Método de Tubo de Palmes.	Espectrofotometría.	La cromatografía de iones es muy cara pero también mide sulfatos.
	Método de Yanagisawa y Nishimura.	Espectrofotometría.	
	Método modificado de Amaya-Sugiura	Espectrofotometría.	
	Método de Cadoff y Hodgeson. Método de Lewis y	Espectrofotometría. Cromatografía de iones	
NO	Método de Yanagisawa y Nishimura, usado como oxidante a CrO ₃ .	Espectrofotometría.	Agente oxidante tóxico e inestable.
CO	Método que utiliza una Zeolita sólida (TENAX), como adsorbente.	Desorción térmica, cromatografía de gases con detector de ionización de flama, después de la conversión a metano.	Esta metodología no presentó efectos por factores ambientales como velocidad del viento, temperatura y humedad relativa
O ₃	Método desarrollado por Monn y Hangarther.	Espectrofotometría	La reacción es sensible a la luz.
	Método de oxidación de yoduro de potasio.	Espectrofotometría.	No le afectan los cambios de humedad y temperatura.
SO ₂	Método colorimétrico	Espectrofotometría (Parrosanilina).	Inestabilidad de la muestra y problemas con su disposición.
	Método de Hargreaves y Atkins, utilizando tubos de Palmes e hidróxido de potasio y glicerol como reactivos.	Espectrofotometría.	Técnica de análisis sensible al pH, por lo que se recomienda cromatografía de iones.
	Método de Fern, utilizando un filtro impregnado con carbonato de sodio y glicerina como reactivos.	Cromatografía de iones.	Metodología comúnmente usada en ciudades urbanas y estudios de fondo en Suecia.

2.1.10 Monóxido de Carbono (CO)

El Monóxido de Carbono es un gas incoloro que en el vehículo se produce cuando la mezcla de combustible es rica, es decir la cantidad de oxígeno es baja en comparación al combustible, cuando es liberado al ambiente y pasa al aire permanece un promedio de aproximadamente 2 meses y eventualmente reacciona con otros compuestos en la atmosfera convirtiéndose en Dióxido de Carbono (CO₂); se da en mayor proporción en lugares donde hay un alto congestionamiento vehicular.

En la salud tiene efectos muy severos, es capaz de adherirse con facilidad a la hemoglobina de la sangre y reduce el flujo de oxígeno en el torrente sanguíneo ocasionando alteraciones en los sistemas nervioso y cardiovascular.

La concentración de este gas en un período de 8 horas no debe 10 000 (µg/m³) más de una vez en un año, la concentración máxima en una hora de monóxido de carbono no debe exceder 40 000 (µg/m³) más de una vez en un año (Ministerio del Medio Ambiente, 2011).

2.1.11 Hidrocarburos (HC)

Las emisiones de hidrocarburos resultan cuando no se quema completamente el combustible en el motor.

Existe una gran variedad de hidrocarburos emitidos a la atmósfera y de ellos los de mayor interés, por sus impactos en la salud y el ambiente, son los compuestos orgánicos volátiles (COV); estos compuestos son precursores del ozono y algunos de ellos tienen una alta toxicidad para el ser humano.

La exposición a este gas por tiempo prolongado puede causar la muerte instantánea, de no ser así compromete el sistema respiratorio y digestivo, los principales síntomas son ardor estomacal, náuseas, vómito.

Material particulado menor a 10 micrones (PM10) el promedio de la concentración de PM10 de todas las muestras en un año no debe exceder de 50 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$), a concentración máxima en 24 horas, no debe exceder 150 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) (Ministerio del Medio Ambiente, 2011).

Material particulado menor a 2,5 micrones (PM2,5) se ha establecido que el promedio aritmético de la concentración de PM2,5 de todas las muestras en un año no debe exceder de 15 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$), la concentración máxima en 24 horas no debe exceder 65 (mg/m^3) (Ministerio del Medio Ambiente, 2011).

2.1.12 Ozono (O_3)

Es uno de los principales componentes de la niebla tóxica, este gas se forma por la reacción con la luz solar (fotoquímica) de contaminantes procedentes de las emisiones vehiculares como los Óxidos de Nitrógeno (NO_x), los niveles más altos de ozono son registrados en presencia del sol.

La máxima concentración de oxidantes fotoquímicos, obtenida mediante muestra continua en un período de 1 hora, no debe exceder de 160 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$), la máxima concentración de oxidantes fotoquímicos, obtenida mediante muestra continua en un período de 8 horas, no deberá exceder de 120 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) (Ministerio del Medio Ambiente, 2011).

2.1.13 Dióxido de Azufre (SO_2)

Las principales fuentes de emisión de Dióxido de Azufre a la atmosfera son provenientes de fuentes móviles (vehículos), al producirse la combustión se da una reacción química de oxidación del azufre presente en el combustible, es incoloro, no inflamable y no explosivo que en algunos casos es capaz de producir una sensación placentera el oler este gas en el aire; el cual al tener contacto con el oxígeno produce Ácido Sulfúrico, principal componente de la lluvia acida, el cual es nocivo.

El exceso de ozono en el aire produce problemas respiratorios severos, como el asma, además de comprometer al sistema respiratorio.

El promedio de la concentración del dióxido de azufre determinada en todas las muestras en 1 año no debe exceder de 80 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$), la concentración máxima en 24 horas no debe exceder 350 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) (Ministerio del Medio Ambiente, 2011).

2.1.14 Óxidos de Nitrógeno (NO_x)

Bajo las condiciones de alta temperatura y presión que imperan en el motor, los átomos de nitrógeno y oxígeno del aire reaccionan para formar monóxido de nitrógeno.

Los Óxidos de Nitrógeno, al igual que los hidrocarburos, son precursores de ozono.

Así mismo, con la presencia de humedad en la atmósfera se convierten en ácido nítrico, contribuyendo de esta forma al fenómeno conocido como lluvia ácida.

En cuanto a los efectos sobre la salud estudios epidemiológicos revelan que los síntomas de bronquitis en niños asmáticos aumentan en relación con la exposición prolongada a este gas, además de la disminución de la función pulmonar (OMS, 2018).

El promedio de la concentración de dióxido de nitrógeno determinada en todas las muestras en 1 año no debe exceder de 100 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$), la concentración máxima en 24 horas no debe exceder (150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) (Ministerio del Medio Ambiente, 2011).

2.1.15 Efectos Adversos del Cambio Climático

Se entiende los cambios del medio ambiente físico o en la biota resultantes del cambio climático que tienen efectos nocivos significativos en la composición, la capacidad de recuperación o la productividad de los ecosistemas naturales, o en el funcionamiento de los sistemas socioeconómicos, o en la salud y el bienestar de humanos (Naciones Unidas, 1992).

2.1.16 Cambio Climático

Es el cambio de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera mundial y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante periodos de tiempo comparables (Naciones Unidas, 1992).

2.1.17 Calidad del Aire

Es el conjunto de concentraciones de componentes presentes en el aire en un momento en estudio, que satisfacen la salud, el bienestar de la población, el equilibrio ecológico, y los materiales con valor económico (Naciones Unidas, 1992).

2.1.18 Límite de Emisión de Contaminante al Aire

El límite de Emisión es la concentración máxima de emisión permisible de un contaminante del aire, descargado a la atmósfera a través de una fuente contaminante, indiferente si es una fuente móvil o fija; basta con que su emisión sea mínima.

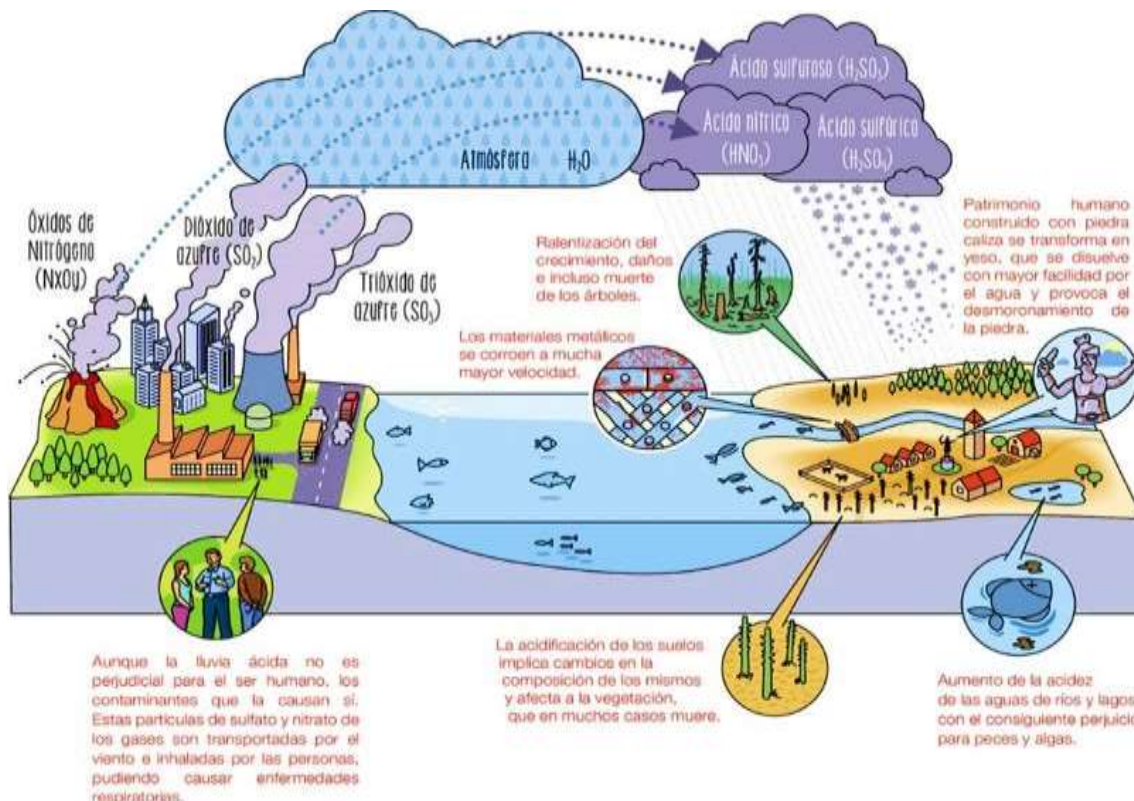
Este límite ha sido establecido para proteger la salud y el ambiente (Ministerio del medio ambiente, 2016).

2.1.19 Lluvia Ácida

La lluvia ácida es un tipo de precipitación que se caracteriza por contener sustancias contaminantes las cuales son emitidas en forma de gases por diferentes fuentes (industriales o vehiculares), la lluvia ácida se produce al mezclarse el agua de lluvia con la contaminación ambiental, lo que es perjudicial para el ser humano son los gases que se producen después de la lluvia ácida ya que si la misma tiene contacto con la piel se verán consecuencias (Ministerio del medio ambiente, 2016).

Figura 5

Ciclo y Consecuencias de la Lluvia Ácida. (Acciona, s.f.)



2.1.20 Norma de Calidad de Aire o Nivel de Inmisión del Ecuador

Esta norma hace referencia a la calidad del aire, ambiental o nivel de inmisión, está unificado del Ministerio del Ambiente (Anexo 4 Libro VI). Su aplicación es obligatoria y rige en todo el territorio nacional, para su cumplimiento se debe cumplir con los límites máximos permisibles de contaminantes en el aire ambiente a nivel de suelo, para esto la norma provee los métodos y procedimientos destinados a la determinación de las concentraciones de contaminantes en el aire ambiente (Ministerio del Medio Ambiente, 2011).

Tabla 5*Límite de Sustancias en el Aire* (Ministerio del Medio Ambiente, 2011)

Sustancia	Límite en relación del tiempo
	40 000 mg/m ³ en 1 hora
Monóxido de Carbono (CO)	10 000 mg/m ³ durante 8 horas
	100 mg/m ³ promedio aritmético de la concentración por un año.
Óxidos de Nitrógeno (NO ₂)	150 mg/m ³ durante 24 horas. 200 mg/m ³ en 1 hora
	80 mg/m ³ promedio aritmético de la concentración por un año.
Dióxido de Azufre (SO ₂)	350 mg/m ³ durante 24 horas 125 mg/m ³ en 1 hora
Partículas sedimentables	1 mg/cm ² por 30 días
	15 mg/m ³ promedio aritmético de la concentración por un año.
Material particulado menor a 2,5 micrones (PM _{2,5})	65 mg/m ³ durante 24 horas.
	50 mg/m ³ promedio aritmético de la concentración por un año.
Material particulado menor a 10 micrones (PM ₁₀)	150 mg/m ³ durante 24 horas.
	160 mg/m ³ en 1 hora
Ozono (O ₃)	120 mg/m ³ durante 8 horas

2.1.21 Normas ISO Para la Gestión Ambiental.

Las normas ISO para la gestión ambiental están enfocadas en el medio ambiente, por lo cual estas normas proveen herramientas para el cumplimiento con altos estándares de calidad

ambiental, cuyo grado de aplicación dependerá de factores tales como la política ambiental de la organización, la naturaleza de sus actividades y las condiciones en las cuales ella opera (Organización Internacional de Normalización, 2005).

2.2 Marco Conceptual

2.2.1 Zonas con Alta Concentración Vehicular

En la ciudad de Guayaquil hay varias zonas donde hay una concentración vehicular alta la cual aumenta considerablemente en horas pico, la Autoridad de Tránsito Municipal “ATM” ha identificado varios focos con este problema, como, la Av. Pedro Menéndez Gilbert, Carlos Julio Arosemena, Benjamín Carrión, 9 de Octubre y Domingo Comín (Autoridad de Tránsito Municipal, 2019); liderando la lista el lugar elegido para realizar el análisis ambiental.

Además, ha determinado dos horarios conflictivos 06:00 a 09:00 y 17:00 a 20:00.

2.2.2 Contaminación Ambiental por Emisión de Gases de los Automóviles

Actualmente alrededor de todo el mundo se emiten millones de toneladas de contaminantes a la atmósfera por los vehículos, la emisión de contaminantes relacionados con los hidrocarburos depende del tipo de combustible utilizado (nafta, gasoil, etc.) y del consumo de las manufactureras de los vehículos de mayor circulación (Naciones Unidas, 2016).

Las emanaciones de los automóviles son responsables de casos de enfermedades y además de severos problemas contaminantes como son la lluvia acida y el calentamiento global (Herrera, Rodríguez, & Rojas, 2011).

2.2.3 Enfermedades Causadas por Emisiones Vehiculares

Los altos niveles de emisiones producidos por los vehículos derivan en enfermedades cerebrovasculares, cánceres de pulmón y neumopatías crónicas, entre ellas el asma; por lo cual mientras más bajos sean los niveles de contaminación la salud cardiovascular y respiratoria poblacional será mejor, a corto y largo plazo.

2.2.4 Tubos Colorimétricos Gastec

Este es un método pasivo empleado para la medición de gases, consiste en un tubo de vidrio sellado, cada tubo contiene un componente químico altamente estable y sensible produciendo una distinta capa de color tras entrar en contacto con el gas a ser analizado, el componente se encuentra almacenado en pequeñas cámaras y este resultado se puede apreciar en una escala que se encuentra en una de las caras del tubo (GASTEC, s.f.).

Figura 6

Tubos Colorimétricos Gastec



Figura 7

Datos Técnicos del Tubo Colorimétrico (Monóxido de Carbono).

Ecuación química	$\text{CO} + \text{Na}_2\text{Pd}(\text{SO}_3)_2 \rightarrow \text{Pd} + \text{CO}_2 + \text{SO}_2 + \text{Na}_2\text{SO}_3$
Coloración	Amarillo ● → café negrizo ●
Rango de medición	1.04 - 2000 ppm
Tiempo de muestreo	0.5 - 48 horas

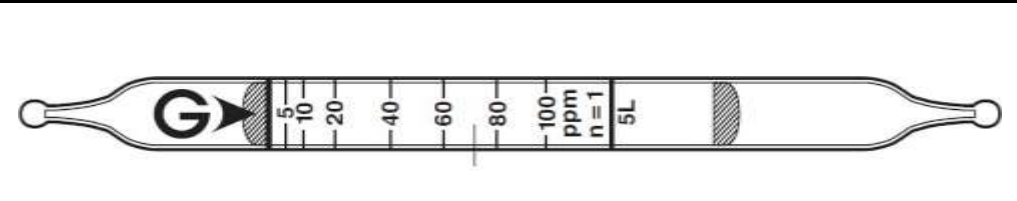
Figura 8

Datos Técnicos del Tubo Colorimétrico (Dióxido de Nitrógeno).

	
Reacción química	Ácido + Base → Producto
Coloración	No determinado ○ → amarillo ●
Rango de medición	0.1 - 30 ppm
Tiempo de muestreo	1 - 10 horas

Figura 9

Datos Técnicos del Tubo Colorimétrico (Dióxido de Azufre)

	
Ecuación química	$\text{SO}_2 + \text{BaCl}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{BaSO}_3 + 2\text{HCl}$
Coloración	Azul ● → amarillo ●
Rango de medición	0.2 - 100 ppm
Tiempo de muestreo	10 horas

2.2.5 Fuentes Móviles

Las fuentes móviles representan a todas las fuentes de contaminación que no poseen una posición geográfica determinada. En esta categoría caben los vehículos propulsados por un motor de combustión interna, que, por su naturaleza, emiten diversos contaminantes tales como CO_2 , CO , NO_x , SO_x y Material Particulado (MP), dadas las condiciones de operación de los vehículos, sometidos a una variación permanente del régimen de motor, la emisión de contaminantes es variable (Naciones Unidas, 2016).

2.2.6 Cambio Climático

El cambio climático es uno de los retos más importantes que enfrenta la humanidad y representa una amenaza irreversible para las sociedades y el planeta, por lo cual se necesita una acción urgente. Queda claro que para el Ecuador esta acción requiere una cooperación más amplia, respetando las normas, objetivo y principios previamente establecidos (Ministerio del medio ambiente, 2016).

2.2.7 Factores Meteorológicos Básicos de la Contaminación Atmosférica

La meteorología afecta de muchas maneras la relación entre las emisiones y las concentraciones de los contaminantes atmosféricos. Se encuentran asociados al movimiento de los contaminantes con el viento, y la dispersión asociado a la dilución de los contaminantes debida a la turbulencia atmosférica. Si bien estos factores son los principales que afectan el impacto de una fuente contaminante, no son los únicos.

Efectos fisicoquímicos como la remoción de contaminantes por la lluvia, la sedimentación y el arrastre de los gases y del material particulado, la participación de gotitas de nubes en procesos químicos heterogéneos, etc. son también procesos en que factores meteorológicos juegan un papel importante y que deben ser modelados o considerados en los problemas que así lo requieran (Servicio de Evaluación Ambiental, 2015).

2.2.8 Parámetros que Influyen en la Dispersión de los Contaminantes

En la dispersión de contaminantes se han considerado dos parámetros que son: los parámetros de la fuente y los parámetros meteorológicos.

En el primero las concentraciones son proporcionales a la cantidad de contaminante emitido, los gases están sometidos a flotación térmica; la velocidad de liberación, que puede calcularse conociendo el diámetro interior de la fuente y el volumen de los gases liberados, estos

no dependen de la masa del contaminante en estudio, sino del total de la cantidad total de gases liberado.

Los parámetros meteorológicos que influyen en la dispersión de contaminantes son la dirección y velocidad del viento.

La relación entre la concentración de contaminante es inversamente proporcional a la velocidad del viento; además, el mezclado turbulento aumenta con la velocidad del viento.

Las inversiones térmicas (es decir, situaciones en las que la temperatura aumenta con la altura) dificultan el mezclado turbulento, razón por la cual se observan concentraciones máximas a ras de suelo. Por el contrario, las situaciones de convección intensifican el mezclado vertical, dando lugar a valores de concentración más bajos.

2.2.9 Capa Límite Diurna

La capa límite diurna va aumentando paulatinamente su temperatura, a la vez que va aumentando también su altura.

La altura máxima de la capa límite diurna se alcanza durante la tarde, alrededor de la hora en que la temperatura superficial alcanza su máximo.

Durante un día despejado la mayor parte de la radiación solar atraviesa la atmósfera y es absorbida en la superficie.

El calentamiento de la superficie calienta a su vez el aire más cercano a ella (Servicio de Evaluación Ambiental, 2015).

2.2.10 Capa Límite Nocturna

La capa límite nocturna se puede definir en función del desarrollo de la inversión térmica radiactiva. Para una noche despejada, a partir de la puesta de sol la inversión superficial va creciendo en espesor a medida que la temperatura superficial va disminuyendo. El enfriamiento

nocturno depende de las propiedades emisivas de la superficie y también está controlado por el contenido de vapor de agua en la columna atmosférica. En caso de existir nubosidad, el enfriamiento nocturno cerca de la superficie decrece considerablemente, e incluso podría no desarrollarse una inversión superficial. La turbulencia en la capa límite nocturna es más difícil de evaluar o estimar que en el caso diurno (Servicio de Evaluación Ambiental, 2015).

2.2.11 Autopista

Espacio destinado para la circulación de vehículos, consta de una plataforma vial para la circulación de cada sentido vehicular separadas por una mediana, por lo general se manejan velocidades no menores a los 60 km/h (Instituto Nacional de Vías, 2015).

En la autopista se distinguen las siguientes partes principales:

- Acera o andén: parte de la vía (laterales) asignado al tránsito peatonal
- Arcén o separador de vías: parte contigua a la calzada, no destinada a la circulación de vehículos, salvo en casos de emergencia
- Calzada: zona de la vía destinada a la circulación de vehículos
- Carril: parte de la calzada que se puede asignar una columna de vehículos
- Mediana: parte de la vía excluida al tránsito peatonal vehicular destinada a separar las calzadas
- Plataforma: ancho de la vía, la cual comprende los arcenes y calzada
- Zona peatonal: parte de la vía reservada al para el cruce de peatones

Capítulo III

Metodología Aplicada

3.1 Metodología de la Investigación

El trabajo de titulación presente en este informe se encuentra basado en el método científico, razón por la cual se adoptó el desarrollo de investigación que este propone.

3.2 Tipo de Investigación

Este trabajo concierne a los tipos de investigación cuantitativa y explicativa, todo esto ya que el trabajo está basado en diversos aspectos analizados y estudiados para una mejor aplicación al momento de la medición.

3.3 Selección del Lugar con Mayor Congestionamiento en el Norte de la Ciudad de Guayaquil

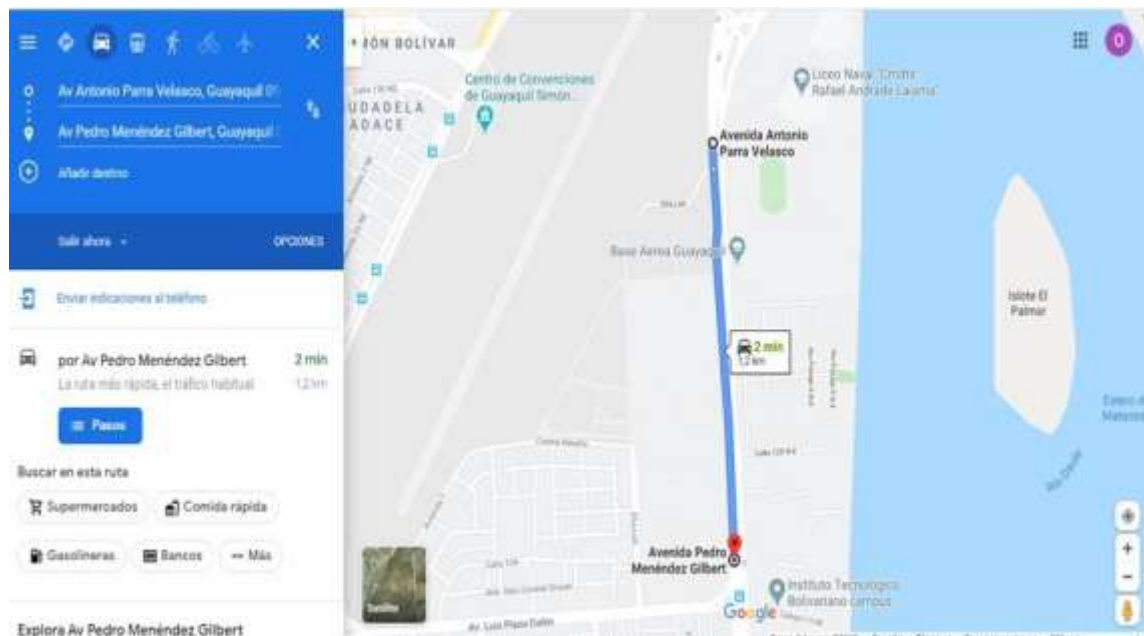
En este punto se tomaron en cuenta dos avenidas principales en el norte de Guayaquil, la Av. Pedro Menéndez Gilbert y la Av. Luis Plaza Dañín presentan una alta afluencia vehicular desde tempranas horas del día.

Implementando la aplicación Google Maps se procedió a fijar dos puntos en la vía para conocer el tiempo que tardaría un vehículo en recorrer un tramo de la vía, la distancia entre los dos puntos fue de 1 kilómetro; se recolectaron 8 datos en un día, 4 por cada avenida principal iniciando 6:30:00 am simultáneamente en cada vía, el proceso se repitió tres veces después con un intervalo de una hora finalizando así 10:30:00 am.

Se seleccionó un día aleatorio para realizar el levantamiento de datos, con la finalidad de saber que en que vía se presenta mayor congestionamiento vehicular.

Figura 10

Tiempo y Distancia del Trayecto Recorrido en la Av. Pedro Menéndez Gilbert, 6:30:00 am

**Figura 11**

Tiempo y Distancia del Trayecto Recorrido en la Av. Luis Plaza Dañín, 6:30:00 am

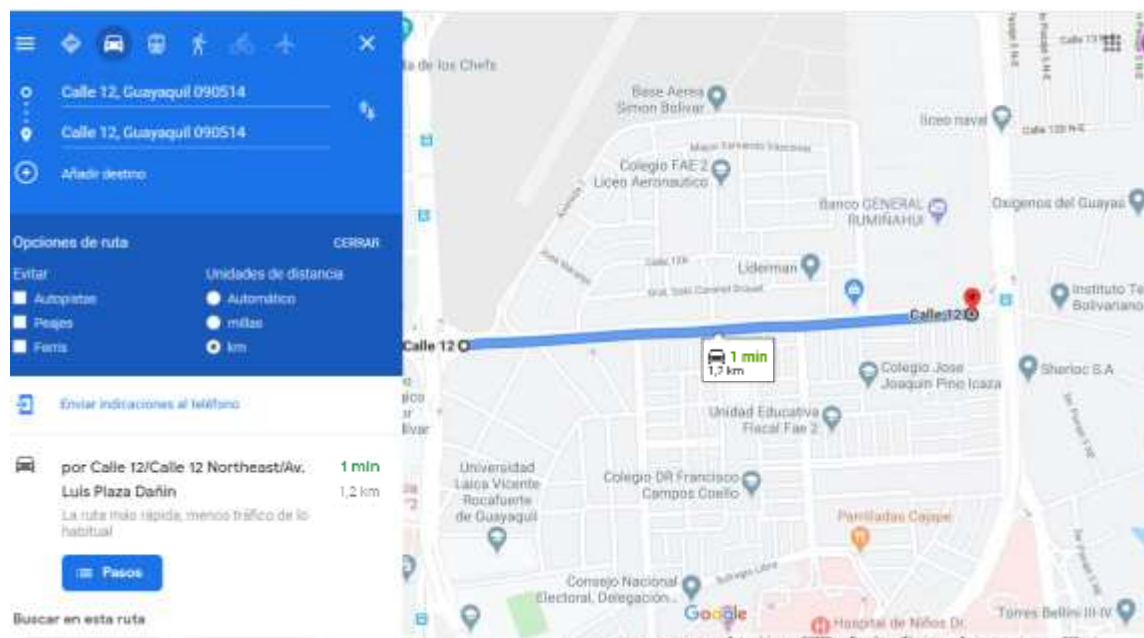


Figura 12

Tiempo y Distancia del Trayecto Recorrido en la Av. Pedro Menéndez Gilbert, 7:30:00 am

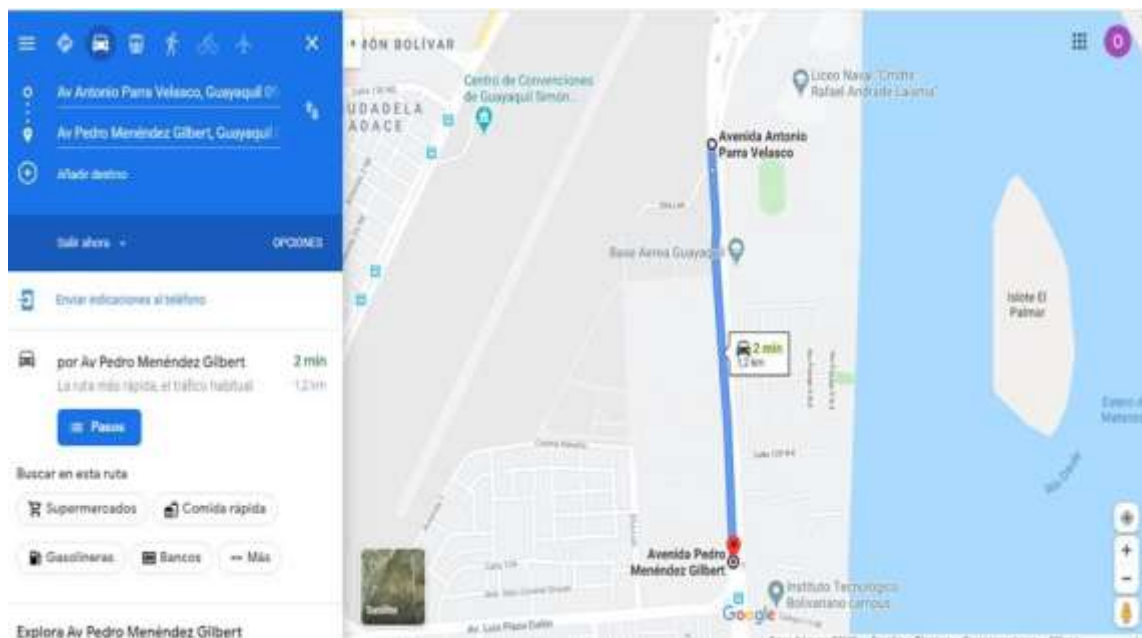


Figura 13

Tiempo y Distancia del Trayecto Recorrido en la Av. Luis Plaza Dañín, 7:30:00 am

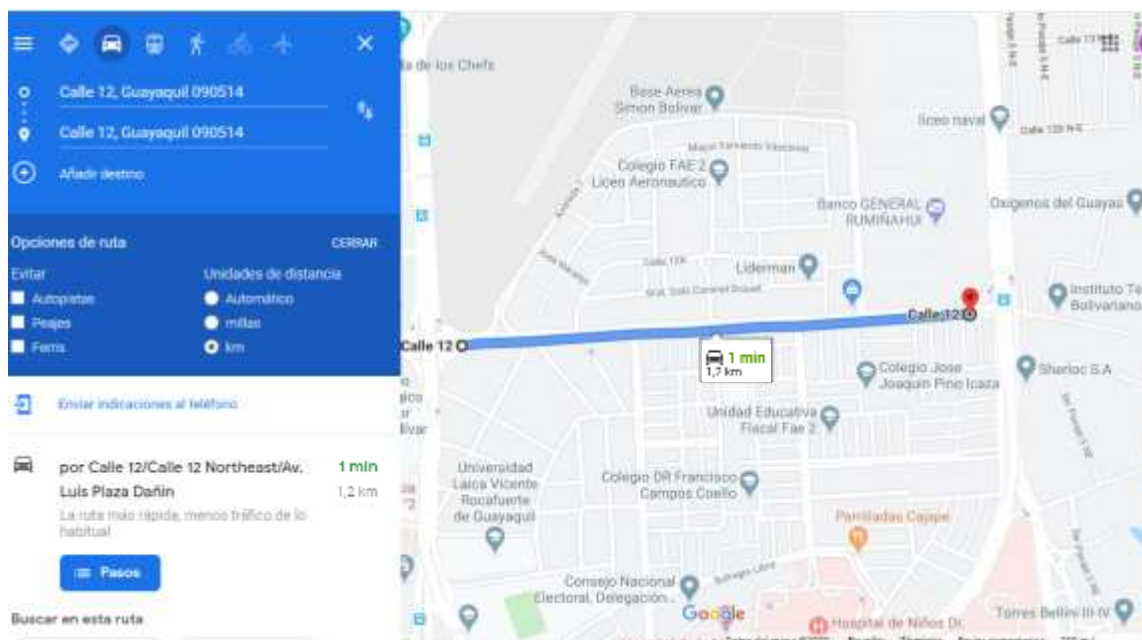


Figura 14

Tiempo y Distancia del Trayecto Recorrido en la Av. Pedro Menéndez Gilbert, 8:30:00 am

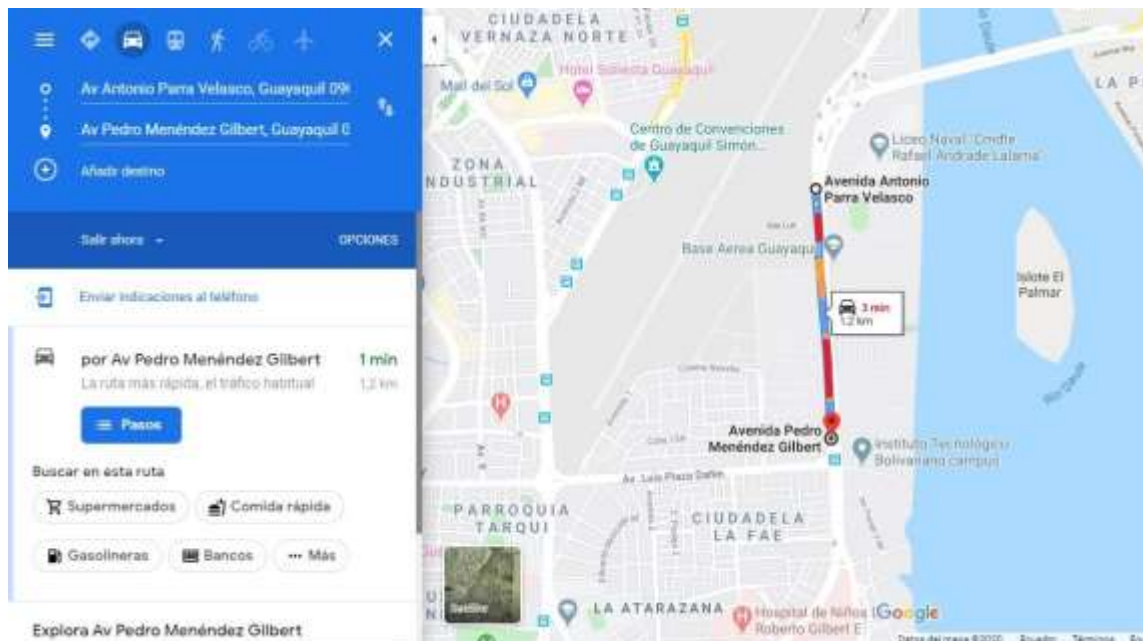


Figura 15

Tiempo y Distancia del Trayecto Recorrido en la Av. Luis Plaza Dañín, 8:30:00 am

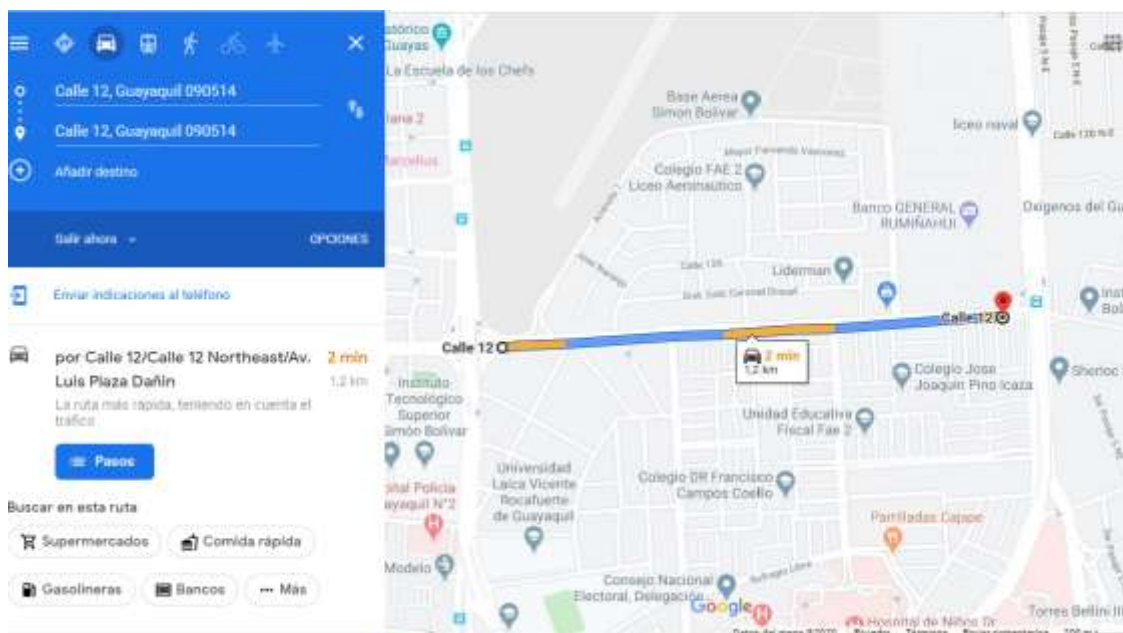


Figura 16

Tiempo y Distancia del Trayecto Recorrido en la Av. Luis Plaza Dañín, 9:30:00 am

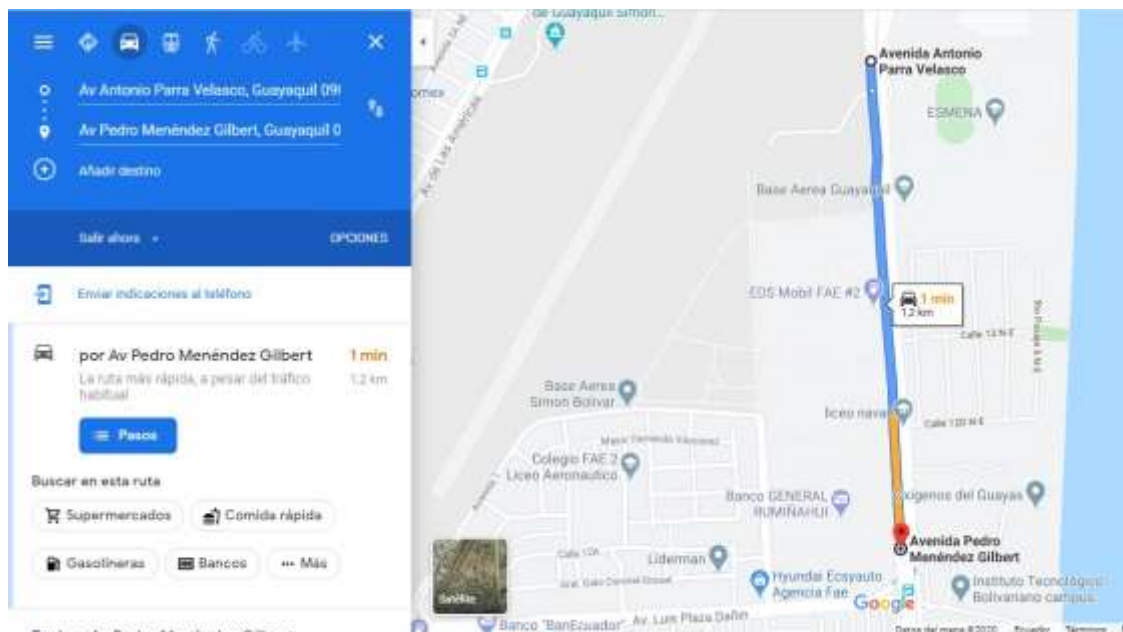
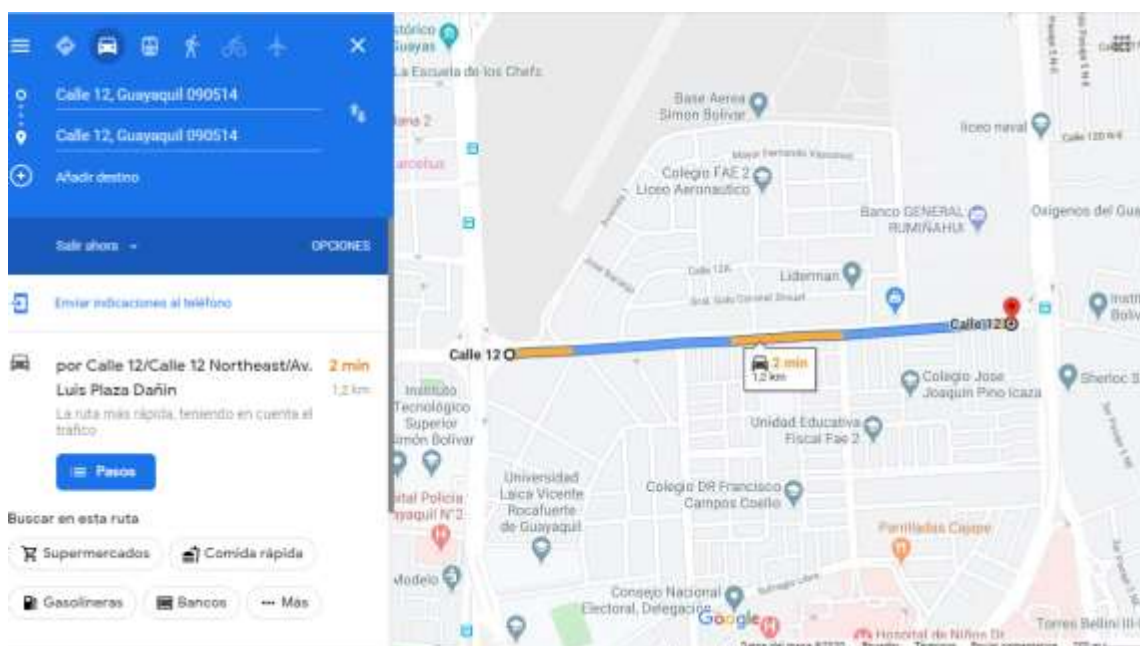


Figura 17

Tiempo y Distancia del Trayecto Recorrido en la Av. Luis Plaza Dañín, 9:30:00 am



Las figuras 10,12,14 y 16 corresponden a la Av. Pedro Menéndez Gilbert donde se puede apreciar los tiempos que emplea un vehículo para recorrer un tramo de 1.2 kilómetros en las horas

antes mencionadas respectivamente, mientras que en las figuras 11,13,15 y 17 corresponden a la Av. Luis Plaza Dañín; cabe recalcar que este proceso se lo realizo de manera simultánea en ambas vías.

De acuerdo a los datos obtenidos se pudo determinar que en la Av. Pedro Menéndez Gilbert existe mayor congestión puesto que en las tres primeras mediciones (6:30:00, 7:30:00 y 8:30:00 am) un vehículo emplea más tiempo para recorrer la distancia de 1.2 kilómetros, sin embargo, en el horario de 9:30:00 am existe mayor congestión vehicular en la Av. Luis Plaza Dañín.

En base a lo mencionado existe un 75% de fiabilidad en el proceso empleado.

Para que exista mayor veracidad en el proceso de determinación del sector con mayor congestión vehicular en el Norte de Guayaquil se realizó un segundo proceso de manera paralela al antes explicado, el cual constó en tomar el tiempo que se empleaba para recorrer un tramo de 1.2 kilómetros, tal cual el primer proceso y en las mismas horas.

Los tiempos obtenidos en campo están reflejados en la tabla 6.

Tabla 6

Tiempos obtenidos en campo para la determinación del lugar con mayor congestión vehicular

Hora	Lugar	Av. Pedro Menéndez Gilbert (min)	Av. Luis Plaza Dañín (min)
6:30:00		2,20	2,48
7:30:00		1,32	1,43
8:30:00		3,42	2,10
9:30:00		1,55	2,52

Al emplear este método de validación se pudo corroborar los datos obtenidos gracias a la aplicación Google Maps; concluyendo finalmente que la Av. Pedro Menéndez Gilbert es la avenida con mayor congestión vehicular en el Norte de la ciudad de Guayaquil, por lo que será

usada para realizar la recolección de muestra de los gases contaminantes producidos por fuente vehiculares móviles que empleen la gasolina como combustible.

3.4 Población de la Investigación

Para obtener la población se realizó el siguiente procedimiento, se comenzó empleando dos cámaras GoPro Hero 4 para realizar una grabación de video, cada cámara enfocaba una calzada diferente; las grabaciones de video fueron realizadas el día lunes 2 y viernes 6 de Marzo del 2020 en la Av. Pedro Menéndez Gilbert en el horario de 6:00:00 a 10:00:00 am, hecho esto, se procedió a pasar estos videos a la aplicación GoPro previamente instalada en un computador, el conteo fue ordenado llevándolo a cabo de manera individual de cada día y calzada (ver tabla 7), proceso que se repitió dos veces para verificar y garantizar los resultados, en esta etapa del conteo no se tomó en cuenta ningún tipo de restricción vehicular obteniendo una población de 103833 vehículos.

Este proceso fue realizado conjuntamente con la toma de medidas de los gases contaminantes emitidos por fuentes vehiculares móviles.

Tabla 7

Cifras del Conteo Vehicular para la Obtención de la Población

Horario	Día		Viernes	
	Lunes	Viernes	Calzada 1	Calzada 2
6:00:00-7:00:00	Calzada 1 2345	Calzada 2 6813	Calzada 1 2321	Calzada 2 6997
7:00:01-8:00:00	3840	9425	4048	9743
8:00:01-9:00:00	4511	10134	4527	10458
9:00:01-10:00:00	4293	9887	4362	10129
Total parcial	14989	36259	15258	37327
Total del conteo				103833

3.5 Muestra de la Investigación

La selección de la muestra es de tipo no aleatorio intencional o de juicio, se realizó el descarte de vehículos a diésel, como: furgonetas, camionetas (a excepción de las camionetas marca Ford) y metro vías, partiendo de los datos del INEC publicados en el año 2018.

En base a los datos del parque vehicular en la provincia del Guayas proporcionados por INEC, mostrados en la tabla 8, se aprecia que los vehículos que usan la gasolina como combustible representan un 88% del total de los vehículos que podrían circular por la ciudad de Guayaquil, mientras que los vehículos que funcionan con diésel representan el 11.6% dejando a los vehículos eléctricos el 0.4% del total; estos datos ayudan a tener una aproximación del 88% en los datos a obtener en la medición de las concentraciones de los gases contaminantes.

Tabla 8

Vehículos Motorizados Matriculados en el Año 2018, Clasificados por su Tipo de Combustible, Año 2018

Tipo de combustible	Total de vehículos
Gasolina	465242
Híbrido	2863
Gas licuado de petróleo	8
Diésel	61450
Eléctrico	36
Otro	4

En la tabla 9, se aprecian los datos ya depurados bajo los criterios antes mencionados tomando en cuenta los datos del parque vehicular publicados por del INEC, los datos están ordenados por hora y día de cada calzada, obteniendo una muestra 95242 vehículos.

El margen de error en esta etapa es del 12%.

Tabla 9*Cifras del Conteo Vehicular para la Obtención de la Muestra*

Horario	Día		Viernes	
	Lunes	Calzada 1	Calzada 2	Calzada 1
6:00:00-7:00:00	2193	6321	2287	6578
7:00:01-8:00:00	3625	8147	3822	8821
8:00:01-9:00:00	4175	9081	4236	9145
9:00:01-10:00:00	4008	9249	4098	9457
Total parcial	14001	32798	14443	34001
Total del conteo				95243

3.5 Criterios Para la Validación del Lugar y Hora de Estudio

Al momento de elegir el lugar y hora de estudio se debe garantizar que las fuentes de contaminación sean vehiculares, además de tener en cuenta que los tubos colorimétricos garantizan un mínimo margen de error, en un radio de medición de 500 metros (dependiendo el gas en análisis).

Para seleccionar el lugar de análisis se consideraron todas zonas con congestionamiento vehicular, de igual forma se consideraron criterios para dar veracidad que las fuentes de contaminación sean vehiculares.

En base a lo mencionado se consideró:

- El lugar es zona residencial por lo que no hay empresas que emitan algún tipo de contaminante a excepción de la presencia de una gasolinera situada a 450 metros de distancia donde fueron instalados los tubos.
- Por las características de la vía, recta, todos los vehículos circularan dentro del rango de medición.

- La hora se determinó teniendo en cuenta el comportamiento de los gases primarios, ya que a altas temperaturas estos reaccionan dando lugar a otros gases (secundarios) los cuales no son considerados para el análisis produciendo una disminución de la muestra a ser recolectada.
- Se pudo observar que a partir de las 6:00:00 am la circulación vehicular aumenta parcialmente debido a que la Av. Pedro Menéndez Gilbert conecta el sector norte con el centro de la ciudad, también transitan vehículos provenientes de Durán , vía Samborondón y personas que trabajan en la ciudad de Guayaquil, además, comienzan las jornadas académicas y laborales (en el periodo de vacaciones el tránsito vehicular aumenta 7:00:00 am pero a partir de las 8:30:00 am se intensifica permaneciendo así alrededor de una hora); mientras que a las 10:00:00 am la temperatura comienza a aumentar significativamente por la presencia del sol, lo cual se tomó en cuenta para determinar el horario de medición.

3.6 Medición de los Gases Contaminantes

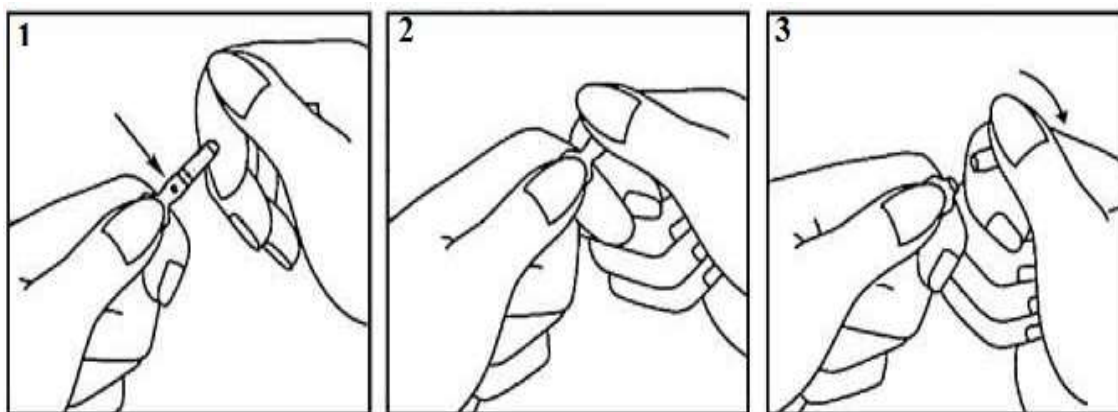
Para la medición de los gases contaminantes se consideraron los criterios antes expuestos (validación del lugar y hora de estudio), datos técnicos del fabricante y pasos para el manejo correcto de los tubos colorimétricos.

El proceso empleado para llevar a cabo esta medición se detalla a continuación.

- Se rompe el extremo de cada tubo para permitir que las muestras de los gases ingresen a los tubos durante el periodo de medición.
- Hay que tener precaución al realizar esto ya que un mal uso podría dañar el extremo del instrumento de medición produciendo alteraciones en el flujo de aire que ingresa o a su vez puede producir lesiones en el operador.

Figura 18

Pasos para la Ruptura del Tubo Colorimétrico Gastec



- Con ayuda de una cinta se ubican los tubos colorimétricos a 2 metros de altura, para asegurar que el gas ingrese al tubo, por lo tanto, deben ser colocados de manera que no exista ningún tipo de obstrucción.

Figura 19

Ubicación de Tubos Colorimétricos Gastec para Iniciar la Medición



- Una vez culminado el periodo de medición se sellan los extremos de los tubos para que la lectura de resultados no se vea afectada considerablemente, sin embargo, esto no garantiza que no

seguirán activos (la medición se puede ver afectada por lo que el fabricante recomienda un intervalo no superior a dos horas una vez culminado su trabajo).

- Finalmente se retiran los tubos colorimétricos para proceder con la lectura de estos en el laboratorio.

Capítulo IV

Análisis e Interpretación de Resultados

Posterior a la recolección de las 6 muestras de gases contaminantes durante los dos días de medición en la Av. Pedro Menéndez Gilbert de 6:00:00 a 10:00:00 am, se realiza la lectura de los tubos colorimétricos, de esta manera se podrá conocer si el nivel de contaminación supera o no los límites permisibles según la Norma de Calidad de Aire o Nivel de Inmisión del Ecuador.

4.1 Resultados

Tabla 10

Resultados Obtenidos de la Medición de los Gases Emitidos por Fuentes Vehiculares

Gas	Día	Lunes (ppm.h)	Viernes (ppm.h)
Monóxido de Carbono (CO)		10.00	15.00
Dióxido de Nitrógeno (NO ₂)		00.05	00.06
Dióxido de Azufre (SO ₂)		00.10	00.12

4.2 Conversión de los Resultados

Los valores de conversión de la tabla 8 y 9 son de propiedad intelectual de la empresa Productos y Servicios Industriales C. LTDA (PSI) razón por la cual no se detalla su proceso, este proceso está basado en el Acuerdo Ministerial 097A de la Norma de Calidad de Aire o Nivel de Inmisión del Ecuador.

Tabla 11

Conversión de los Resultados de los Gases Contaminantes de ppm a $\mu\text{g}/\text{m}^3$, Lunes 2 de Marzo del 2020

Gas	Día	Lunes (ppm.h)	Lunes ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Monóxido de Carbono (CO)		10.00	484.10
Dióxido de Nitrógeno (NO ₂)		00.05	2.60
Dióxido de Azufre (SO ₂)		00.10	11.10

Tabla 12

Conversión de los Resultados de los Gases Contaminantes de ppm a $\mu\text{g}/\text{m}^3$, Viernes 6 de Marzo del 2020

Gas	Día	Viernes (ppm.h)	Viernes ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Monóxido de Carbono (CO)		15.00	736.40
Dióxido de Nitrógeno (NO ₂)		00.06	3.20
Dióxido de Azufre (SO ₂)		00.12	13.20

4.3 Comparación de los Resultados con los Límites Permisibles Según la Norma de Calidad de Aire o Nivel de Inmisión del Ecuador

Tabla 13

Comparación de los Resultados Obtenidos el Primer Día de Medición con los Límites Permisibles Según la Norma de Calidad de Aire o Nivel de Inmisión del Ecuador

Gas	Parámetro	Concentración promedio ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Nivel Máximo Permisible ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Monóxido de Carbono (CO)		484.10	10000
Dióxido de Nitrógeno (NO ₂)		2.60	200
Dióxido de Azufre (SO ₂)		11.10	125

Tabla 14

Comparación de los Resultados Obtenidos el Segundo Día de Medición con los Límites Permisibles Según la Norma de Calidad de Aire o Nivel de Inmisión del Ecuador

Gas	Parámetro	Concentración promedio ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Nivel Máximo Permisible ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Monóxido de Carbono (CO)		736.40	10000
Dióxido de Nitrógeno (NO ₂)		3.20	200
Dióxido de Azufre (SO ₂)		13.20	125

Las concentraciones promedio obtenidas el viernes, día con mayor nivel de contaminación no superan los niveles máximos permisibles, el Monóxido de Carbono presente es de 7.36%, el Dióxido de Nitrógeno presente es del 1.60% y el dióxido de azufre es de 10.56%, estos porcentajes

han sido comparados con los niveles máximos permisibles de cada gas de acuerdo con la Norma de Calidad de Aire o Nivel de Inmisión del Ecuador.

4.4 Evaluación del Cumplimiento de los Resultados de Acuerdo con los Límites Permisibles

Según la Norma de Calidad de Aire o Nivel de Inmisión del Ecuador

Tabla 15

Evaluación del Cumplimiento de los Resultados de Acuerdo con los Límites Permisibles Según la Norma de Calidad de Aire o Nivel de Inmisión del Ecuador

Horario	Día	Lunes	Viernes
Monóxido de Carbono (CO)		No superó nivel máximo permisible	No superó nivel máximo permisible
Dióxido de Nitrógeno (NO ₂)		No superó nivel máximo permisible	No superó nivel máximo permisible
Dióxido de Azufre (SO ₂)		No superó nivel máximo permisible	No superó nivel máximo permisible

Todos los valores obtenidos en el estudio no superan el nivel máximo permisible con respecto a la Norma de Calidad de Aire o Nivel de Inmisión del Ecuador; por lo que se concluye que no existe contaminación ambiental en un rango de 500 metros de la Av. Pedro Menéndez Gilbert (coordenadas: 17624543 E; 9760689 S).

Conclusiones

Se pudo determinar que en el sector Norte de la ciudad de Guayaquil la Av. Pedro Menéndez Gilbert es la vía con mayor congestión vehicular, superando con un 75% de fiabilidad a la Av. José Luis Dañín, dato obtenido gracias al uso de la aplicación Google Maps para la obtención de tiempos requeridos por un vehículo para poder desplazarse una distancia de 1.2 kilómetros en cada vía respectivamente; método que se logró reforzar midiendo el tiempo de manera dinámica, estos dos métodos fueron realizados de forma paralela bajo las mismas condiciones de distancia, horas y congestión vehicular.

Los tubos colorimétricos brindan ventajas como su método de emplear, tamaño y facilidad para ser ubicarlos en lugares pequeños o con accesos limitados; además se requiere de poco tiempo para obtener los resultados, mismo que no debe superar las dos horas para garantizar los resultados (dato proporcionado por el fabricante); estos aspectos facilitaron el trabajo en este estudio ambiental teniendo en cuenta todos los pasos realizados para el análisis ambiental.

Las concentraciones de gases contaminantes emitidas por fuentes móviles vehiculares en la Av. Pedro Menéndez Gilbert no superan los límites permisibles según la Norma de Calidad de Aire o Nivel de inmisión del Ecuador, representan apenas un promedio total entre los dos días de medición de $610.25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de Monóxido de Carbono, $2.9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de Dióxido de Nitrógeno y $12.15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de Dióxido de Azufre los cuales se encuentran por debajo de sus valores máximos de concentración permitida.

Recomendaciones

Se recomienda realizar un estudio en lugares donde también existan otros tipos de fuentes contaminantes para así poder generar interés en las entidades correspondientes se tomen medidas correctivas teniendo en cuenta que en este trabajo solo se tomó en consideración las fuentes vehiculares móviles por intereses propios del autor.

Al momento de usar un equipo de medición de gases emplear un instrumento que posea una mayor capacidad de medición para poder abarcar una zona más amplia, teniendo en cuenta que los tubos colorimétricos abarcan un diámetro de 500 metros desde su lugar de instalación.

Realizar un estudio ambiental en el que no exista ningún tipo de restricción vehicular, incluyendo a los vehículos a diésel para así conocer la contaminación ambiental que generan las fuentes móviles en una zona de interés.

Bibliografía

- Acciona. (s.f.). *Sostenibilidad para todos*. Obtenido de <https://saaccionasostenibilidad.blob.core.windows.net/media/504855/lluvia-acida.jpg>
- Aguilera, O. (2000). Impacto global del desarrollo tecnológico en el medio ambiente. *UNESCO*.
- Autoridad de Tránsito Municipal. (2019). *Congestionamiento*. Guayaquil.
- Bull, A. (2003). *Congestión de tránsito*. Santiago de Chile: CEPAL.
- GASTEC. (s.f.). *Tubos colorimétricos*. Obtenido de <https://www.gastec.co.jp>
- Godoy, E. (2011). *Cómo hacer una tesis*. Florida: Valleta.
- Grajales, T. (2000). *La recolección de la información*. México D.F.
- Guffante, T., Guffante, F., & Chávez, P. (Enero de 2011). *Investigación científica*. Obtenido de http://dspace.unach.edu.ec/bitstream/51000/342/3/Investigaci%C3%B3n%20cient%C3%ADfica_el%20proyecto%20de%20investigaci%C3%B3n.pdf
- Herrera, J., Rodríguez, & Rojas, J. (2011). Determinación de las emisiones de contaminantes del aire generadas por fuentes móviles en carreteras. *Tecnología en marcha*, 54-63.
- Huertas, M., Huertas, J., & Valencia, A. (2017). Vehicular road influence areas. *Atmospheric environment*, 108-116.
- Ibáñez, L. &. (2008). Metodologías de la investigación en las ciencias sociales. *Revista Escuela de Administración de Negocios*, 5-18.
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. (Julio de 2016). *INEGI*. Obtenido de <https://www.inegi.org.mx/temas/vehiculos/>
- Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. (Diciembre de 2018). *Anuario de Estadísticas de Transporte 2017*. Obtenido de <https://www.ecuadorencifras.gob.ec>
- Instituto Nacional de Vías. (2015). *Manual de diseño geométrico de vías*. Obtenido de www.gob.co
- Karl, P. (1980). *La lógica de la investigación científica*. Madrid: Tecnos S.A.
- Ministerio de ecología. (2004). *Principios de medición de la calidad del aire*. Obtenido de <https://sinaica.inecc.gob.mx/archivo/guias/1-%20Principios%20de%20Medici%C3%B3n%20de%20la%20Calidad%20del%20Aire.pdf>
- Ministerio del Medio Ambiente. (7 de Junio de 2011). *Norma Ecuatoriana de Calidad del Aire*. Obtenido de <http://www.ambiente.gob.ec>
- Ministerio del medio ambiente. (19 de Octubre de 2016). *Política de cambio climático y su relación con la movilidad inteligente en Ecuador*. Obtenido de <http://www.ambiente.gob.ec>
- Naciones Unidas. (9 de Mayo de 1992). *Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático*. Obtenido de <https://www.un.org/es/>
- Naciones Unidas. (22 de Abril de 2016). *Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático - Acuerdo de París*. Obtenido de <https://www.un.org>
- OMS. (2018). *Calidad del Aire y Salud*. Ginebra.
- Organización Internacional de Normalización. (2005). *Normas ISO*. Obtenido de <https://www.isotools.org>
- Organización Mundial de la Salud*. (s.f.). Obtenido de <https://www.who.int/ageing/about/facts/es/>
- Pedro, L. (2004). *Población, muestra y muestreo*. Obtenido de http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1815-02762004000100012

- Rodríguez, A. (2011). Desarrollo tecnológico, impacto sobre el medio ambiente y la salud. *Revista Cubana*.
- Ruas, D. (Abril de 2016). Metodología de la investigación científica educativa. Habana, Cuba.
- Schmitz, R. &. (2014). *Fundamentos de la contaminación atmosférica*. Santiago de Chile: Evaluación Ambiental.
- Secretaria de la marina. (Septiembre de 2012). *Metodología de la investigación*. Obtenido de https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/133491/METODOLOGIA_DE_INVESTIGACION.pdf
- Secretaria Técnica Plan Toda una Vida. (2017). *Plan Toda una Vida*. Obtenido de <https://www.todaunavida.gob.ec>
- Servicio de Evaluación Ambiental. (Junio de 2015). *Servicio de Evaluación Ambiental (SEA)*. Obtenido de <https://www.sea.gob.cl>
- SINAICA. (Agosto de 2008). *Principios de medición de la calidad de aire*. Obtenido de <https://sinaica.inecc.gob.mx/archivo/guias/1-%20Principios%20de%20Medici%C3%B3n%20de%20la%20Calidad%20del%20Aire.pdf>
- Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental. (Marzo de 2015). *Servicio de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA)*. Obtenido de <https://www.sea.gob.cl>
- Trupia, G. (2015). Desarrollo tecnológico y sustentabilidad.

Anexos

ANEXO 1

Norma de Calidad de Aire o nivel de Inmisión del Ecuador

Libro VI Anexo 4



PRESIDENCIA DE LA REPUBLICA

Dióxido de azufre (SO₂).- El promedio aritmético de la concentración de SO₂ determinada en todas las muestras en un año no deberá exceder de ochenta microgramos por metro cúbico (80 µg/m³). La concentración máxima en 24 horas no deberá exceder trescientos cincuenta microgramos por metro cúbico (350 µg/m³), más de una vez en un año.

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/m³) más de una vez en un año. La concentración máxima en una hora de monóxido de carbono no deberá exceder cuarenta mil microgramos por metro cúbico (40 000 µg/m³) más de una vez en un año.

Oxidantes fotoquímicos, expresados como ozono.- La máxima concentración de oxidantes fotoquímicos, obtenida mediante muestra continua en un período de una hora, no deberá exceder de ciento sesenta microgramos por metro cúbico (160 µg/m³), más de una vez en un año. La máxima concentración de oxidantes fotoquímicos, obtenida mediante muestra continua en un período de ocho horas, no deberá exceder de ciento veinte microgramos por metro cúbico (120 µg/m³), más de una vez en un año.

Óxidos de nitrógeno, expresados como NO₂.- El promedio aritmético de la concentración de óxidos de nitrógeno, expresada como NO₂, y determinada en todas las muestras en un año, no deberá exceder de cien microgramos por metro cúbico (100 µg/m³). La concentración máxima en 24 horas no deberá exceder ciento cincuenta microgramos por metro cúbico (150 µg/m³) más de dos (2) veces en un año.

4.1.2.2 Los valores de concentración de contaminantes comunes 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 comunes del aire deberán corregirse de acuerdo a las condiciones de la localidad en que se efectúen dichas mediciones, para lo cual se utilizará la siguiente ecuación:

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

donde:

C_c: concentración corregida

C_o: concentración observada

P_{atm}: 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



PRESIDENCIA DE LA REPUBLICA

4.1.3.1 La Entidad Ambiental de Control 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 (Tabla 1). Cada uno de los tres niveles será declarado por la Entidad Ambiental de Control cuando uno o más de los contaminantes comunes indicados exceda la concentración establecida en la siguiente tabla, o cuando las condiciones atmosféricas se espera que sean desfavorables en las próximas 24 horas.

Tabla 1. Concentraciones de contaminantes comunes que definen los niveles de alerta, de alarma y de emergencia en la calidad del aire ⁽¹⁾

CONTAMINANTE Y PERÍODO DE TIEMPO	ALERTA	ALARMA	EMERGENCIA
Monóxido de Carbono Concentración promedio en ocho horas	15 000	30 000	40 000
Oxidantes Fotoquímicos, expresados como ozono. Concentración promedio en una hora	300	600	800
Oxidos de Nitrógeno, como NO ₂ Concentración promedio en una hora	1 200	2 300	3 000
Dióxido de Azufre Concentración promedio en veinticuatro horas	800	1 600	2 100
Material Particulado PM ₁₀ Concentración en veinticuatro horas	250	400	500

Nota:

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