

**UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE INGENIERIA QUIMICA**

**MAESTRIA EN INGENIERIA AMBIENTAL**

Trabajo de Titulación Examen Complexivo, Para la Obtención  
de Grado de Magister en Ingeniería Ambiental

**Tema:**

**Evaluación de la Calidad del Aire Referente a Emisiones  
de Gases de Combustión: Monóxido de Carbono (CO)  
Dióxido de Azufre (SO<sub>2</sub>) y Dióxido de Nitrógeno (NO<sub>2</sub>)  
Generados por los Vehículos que Transitan en el Sector de  
Durán.**

**AUTOR:**

**ING. PLINIO AQUILES DELGADO ALTAMIRANO**

**TUTOR**

**ING. JUDITH ARACELY CHALÉN MEDINA MSc**

**GUAYAQUIL – ECUADOR**

**FEBRERO 2016**



Presidencia  
de la República  
del Ecuador



Plan Nacional  
de Ciencia, Tecnología,  
Innovación y Saberes



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

## REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIAS Y TECNOLOGÍA

### FICHA DE REGISTRO DE TESIS

**TÍTULO:** Evaluación de la Calidad del Aire Referente a Emisiones de Gases de Combustión: Monóxido de Carbono (CO) Dióxido de Azufre (SO<sub>2</sub>) y Dióxidos de Nitrógeno (NO<sub>2</sub>) Generados por los Vehículos que Transitan en el Sector de Durán.

**AUTOR/ES:** ING. PLINIO AQUILES  
DELGADO ALTAMIRANO

**REVISORES:** Ing Katherine Zalamea MSc

**INSTITUCIÓN:** UNIVERSIDAD DE  
GUAYAQUIL

**FACULTAD:** INGENIERIA QUIMICA

**PROGRAMA:** COMPLEXIVO

**FECHA DE PUBLICACIÓN:**

**NO. DE PÁGS:**

**ÁREA TEMÁTICA:**

**PALABRAS CLAVES:** Palabras Claves: calidad de aire, emisiones, gases de combustión, CO, SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>

**RESUMEN:**

**N° DE REGISTRO(en base de datos):**

**N° DE CLASIFICACIÓN:**

**DIRECCIÓN URL (tesis en la web)**

**ADJUNTO URL (tesis en la web):**

**ADJUNTO PDF:**

SI

NO

**CONTACTO CON AUTORES/ES:**

**Teléfono:**

**E-mail:**

**CONTACTO EN LA INSTITUCION:**

**Nombre:**

**Teléfono:**

## **APROBACION DEL TUTOR**

En mi calidad de tutor del Programa de Maestría en Ingeniería Ambiental, nombrado por el Decano de la Facultad de Ingeniería Química, CERTIFICO: que he analizado el estudio de caso presentada como examen Complexivo, como requisito para optar el grado académico de Magíster en Ingeniería Ambiental, titulada: **Evaluación de la Calidad del Aire Referente a Emisiones de Gases de Combustión: Monóxido de Carbono (CO) Dióxido de Azufre (SO<sub>2</sub>) y Dióxidos de Nitrógeno (NO<sub>2</sub>) Generados por los Vehículos que Transitan en el Sector de Durán** la cual cumple con los requisitos académicos, científicos y formales que demanda el reglamento de posgrado

**Atentamente**

**ING JUDITH ARACELY CHALEN MEDINA**

**TUTOR**

Guayaquil, 14 de marzo del 2016

## **Agradecimiento:**

Primero que todo, quiero agradecer a Dios por haberme permitido desarrollar este estudio, y con sus sabias enseñanzas mostrarme: De dónde vengo, donde estoy y a donde voy.

Reflexionando su enseñanza:

De dónde vengo.... tengo que agradecer a mis padres, porque de ellos he obtenido mi empeño, responsabilidad y formación humana, Gracias amados Plinio Delgado y Mireya Altamirano.

Donde estoy....tengo que agradecer a la mujer que me acompaña en la vida, su dedicación a la familia y su fortaleza para seguir adelante, gracias amada Karina Erreiz.

A donde voy....tengo que agradecer a mis hijos, Arianita, Plinito y Liamcito, pues con el solo hecho de tenerlos a mi lado hacen que me esfuerce y supere dotándome de fuerzas día a día para brindarle lo mejor de mí y obligándome a buscar superación continua.

Además un gran agradecimiento a toda la Familia Villa Hermosa, en especial a sus directivos, por permitirme brindarles mis conocimientos para el desarrollo de este hermoso proyecto y darme las facilidades para realizar el presente estudio.

**Ing. Plinio Delgado Altamirano**

## **DECLARACIÓN EXPRESA**

“La responsabilidad del contenido de esta Tesis de Grado, me corresponden exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL”

**Ing. Plinio Delgado Altamirano**

## **Resumen**

Durán, está ubicado en el margen oriental del río Guayas. Frente a la ciudad de Guayaquil. El sector de estudio está ubicado en el km 3 de la denominada vía “El Enlace” que une dos principales vías; la vía Durán –Yaguachi y la autopista Durán –Boliche al este de Durán. Esta vía es el ingreso y salida principal de todos los productos de importación y exportación desde el puerto de Guayaquil hacia toda la república, por lo que se desarrolla principalmente tráfico pesado, este tráfico genera contaminación por emisión de gases de combustión especialmente Monóxido de Carbono (CO), Dióxido de Nitrógeno (NO<sub>2</sub>), Dióxido de Azufre, los mismos que fueron evaluados en este proyecto.

Se analizó la calidad del aire en el sector en dos estaciones de monitoreo las mismas que se ubicaron en el Km 3 de la vía “El Enlace” a 70 metros y 300 m de la misma, Estas reportaron los niveles de concentración de los contaminantes estudiados menores a los máximos establecido por la actual legislación vigente. (Ministerio de Ambiente, Martes 7 de Junio del 2011.)

Para evitar el incremento de las emisiones de los gases contaminantes estudiados, se recomienda que: se aplique la revisión técnica vehicular de forma obligatoria en todas las provincias del Ecuador. Además, el estado debe de dar facilidades a la importación de vehículos con motores híbridos y con motores eléctricos, también se debe de realizar una campaña de incentivo del uso de las bicicletas como medio de transporte interno de la ciudad.

Palabras Claves: calidad de aire, emisiones, gases de combustión, CO, SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>

## **ABSTRACT**

Duran, is located on the eastern bank of the Guayas River. Opposite the city of Guayaquil. The area of study is located at km 3 of the road called "The Link" which connects two main roads; -Yaguachi the road and motorway Duran Duran Duran -Boliche east. This road is the entrance and main exit of all products import and export from the port of Guayaquil to all the republic, which takes place mainly heavy traffic, this traffic generates pollution emission combustion gases especially carbon monoxide ( CO), nitrogen dioxide (NO<sub>2</sub>), sulfur dioxide, the same that were evaluated in this project.

air quality in the sector in two monitoring stations the same that were located at Km 3 via "The Link" to 70 meters and 300 meters of it was analyzed, These reported levels of concentration of the pollutants studied lower than the maximum established by the current legislation. (Ministry of Environment, Tuesday, June 7, 2011.)

To avoid increasing emissions of gaseous pollutants studied, it is recommended that: the technical review vehicular compulsorily applied in all provinces of Ecuador. In addition, the state must provide facilities to the importation of vehicles with hybrid engines and electric motors, also due to campaign incentive the use of bicycles as a means of internal transport in the city.

Keywords: Air quality, emissions, combustion gases, CO, SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>

# TABLA DE CONTENIDO

Portada .....	i
REPOSITORIO .....	ii
Agradecimiento: .....	iv
RESUMEN .....	vi
<b>1 CAPITULO I: INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
1.1 Objeto de Estudio.....	1
1.2 Campo de la investigación. ....	3
1.3 Pregunta Científica.....	6
1.3.1 ¿Cuáles son los factores que afectan la tasa de emisión de contaminantes gaseosos? .....	7
1.4 Delimitación del Problema.....	7
1.4.1 Antecedentes y Causa del problema.....	7
1.4.2 Clima de Durán. ....	9
1.5 Justificación.....	16
1.6 Objetivos .....	16
1.6.1 Objetivo General.....	16
1.6.2 Objetivos específicos .....	17
1.7 Premisa del problema .....	17
1.8 Solución Propuesta.....	17
<b>2 CAPITULO II: DESARROLLO .....</b>	<b>19</b>
2.1.1 Marco Teórico.....	19
2.1.2 Teorías Sustantivas.....	20
2.1.2.1 Monóxido de Carbono. ....	20
2.1.2.2 Dióxido de Azufre. ....	21
2.1.2.3 Óxidos de Nitrógeno.....	22
2.1.2.4 Producción de Monóxido de Carbono, Dióxido de Nitrógeno, Dióxido de Azufre, en emisiones del tránsito vehicular.....	24
2.1.3 Referentes Empíricos. ....	25
2.1.3.1 Norma de Calidad de Aire Ambiente ó Nivel de Inmisión en el Ecuador. ....	25
<input type="checkbox"/> Monóxido de Carbono (CO).- .....	25
<input type="checkbox"/> Dióxido de Azufre (SO <sub>2</sub> ).- .....	25
<input type="checkbox"/> Dióxido de Nitrógeno (NO <sub>2</sub> ).- .....	25



2.2	Marco Metodológico.....	26
	Método de medición Pasivo OGAWA para SO <sub>2</sub> y NO <sub>2</sub> .....	27
	Método de medición de tubos colorimétricos para CO. ....	29
	Cuadro CDIU.....	30
2.2.1	Categorías. ....	30
2.2.2	Dimensiones.....	30
2.2.3	Instrumentos.....	31
2.2.4	Unidad de análisis. ....	32
2.2.5	Gestión de Datos. ....	32
2.2.6	Conteo del Tráfico vehicular.....	33
2.2.7	Criterios Éticos.....	33
2.2.8	Resultados. ....	34
<b>3</b>	<b>CAPITULO # 3.....</b>	<b>38</b>
3.1	Solución Propuesta.....	38
3.2	Conclusiones y Recomendaciones: .....	39
	Conclusiones.....	39
	Para el NO <sub>2</sub> . ....	39
	Para el SO <sub>2</sub> . ....	39
	Para el CO.....	39
3.3	Recomendaciones.....	41
<b>4</b>	<b>ANEXOS .....</b>	<b>42</b>
<b>5</b>	<b>Bibliografía .....</b>	<b>42</b>
<b>6</b>	<b>Lista de Tablas.....</b>	<b>43</b>
<b>7</b>	<b>Lista de Gráficos.....</b>	<b>44</b>
<b>8</b>	<b>Lista de Figuras. ....</b>	<b>44</b>

# 1 CAPITULO I: INTRODUCCIÓN

## 1.1 Objeto de Estudio.

Uno de los principales contribuyentes de los contaminantes del aire, generados por el consumo de combustibles de origen fósil es el sector de la transportación vehicular, el mismo que tiene su aporte contaminante en dos tipos: Gases de combustión y material particulado resultantes de la misma. La combustión producida por los motores de los vehículos de transporte generan elementos nocivos para el ser humano los mismos que son introducidos al ambiente como resultado de dicha combustión, estos elementos son diferentes tipos de gases, los mismos que dependen del tipo de combustible utilizado por el vehículo, pudiendo ser estos, gasolina o diésel; el diseño del motor, las condiciones de tráfico, las características climáticas de la ciudad, los hábitos de conducción, Los materiales emitidos al ambiente corresponden a: Dióxido de Nitrógeno (NO<sub>2</sub>), Monóxido de Carbono (CO), Dióxido de Azufre (SO<sub>2</sub>), Hidrocarburos (HC) Compuestos Orgánicos Volátiles (COV), Dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>) y Material Particulado (MP), muchos de estos compuestos han sido comprobados ser cancerígenos.

Las entidades regulatorias ambientales estandarizan los niveles máximos permisibles de concentración para cada uno de los contaminantes de acuerdo al entorno climático y factores meteorológicos ya que los gases de emisión reaccionan con el entorno produciendo contaminantes secundarios al ambiente en general. De aquí que las normas de calidad del aire en el mundo están siendo cada vez más exigentes y tienen mayor similitud a nivel global. En el 2005, la Organización Mundial de la Salud (OMS) realizó un estudio de comparación de las distintas regiones en el mundo, concluyendo que Asia y Latinoamérica tienen concentraciones mayores de PM<sub>10</sub> que Europa y Norteamérica debiéndose principalmente a su crecimiento en producción industrial y el uso de combustibles de baja calidad (WHO, Guía de calidad del aire de la OMS relativas al material Particulado, el ozono, el dióxido de nitrógeno y el dióxido de azufre. OMS., 2005). Con respecto al SO<sub>2</sub>, se encontró que hay altos niveles de concentración en algunas ciudades de China debido al incremento en el uso del carbón como fuente de energía y algunas ciudades de África que presentan concentraciones medias anuales de 100 µg/m<sup>3</sup>. Hoy en día, la norma de límite dada por la OMS es de 24 µg/m<sup>3</sup> en 24 horas (WHO, Air

Quality Guidelines. Global Update. Retrieved 2013 Marzo, 2013). El NO<sub>2</sub> es uno de los contaminantes con más incidencia en el mundo pues su principal causa de emisión son las fuentes móviles; entre el 40% y el 55% de las emisiones de un centro urbano corresponden a éste. En Latinoamérica, São Paulo y México D.F. presentan concentraciones de 70 µg/m<sup>3</sup> y 85 µg/m<sup>3</sup> respectivamente, seguidas de Beijing con 65 µg/m<sup>3</sup>. Según la OMS, se recomienda una concentración máxima de 40 µg/m<sup>3</sup> en promedio anual. En el presente estudio evaluaremos solamente los principales gases de emisión por combustión vehicular, estos gases son: Monóxido de Carbono (CO), Dióxido de Azufre (SO<sub>2</sub>), Dióxidos de Nitrógeno (NO<sub>2</sub>),

Se ha comprobado en USA, que el tráfico vehicular es uno de los mayores contribuyentes de la contaminación del aire, estudios realizados en California indican que las emisiones de gases por tráfico vehicular aporta con el 40 % de contaminantes atmosféricos primarios en áreas urbanas, los mismos que son el objeto del presente estudio de caso, estos gases son: El monóxido de carbono (CO), el Dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>) y el Dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>) (Wark, 2002.).

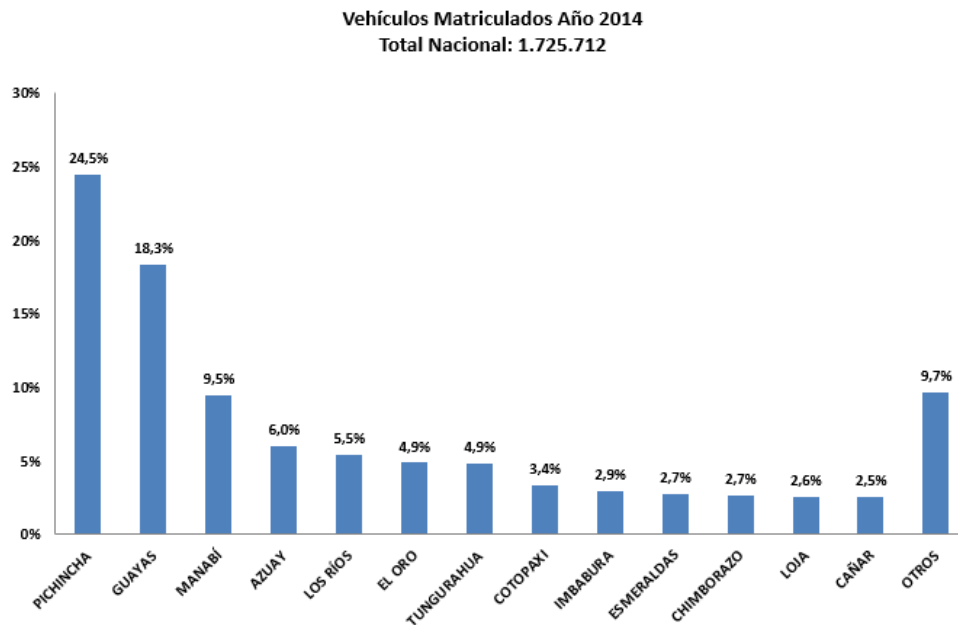
- El Monóxido de Carbono (CO) es un compuesto que se genera por la combustión entre los hidrocarburos de los combustibles de origen fósil y el oxígeno molecular del aire (O<sub>2</sub>) a ciertas condiciones técnicas, entre ellas la relación estequiométrica.
- El Dióxido de Azufre (SO<sub>2</sub>) se genera entre el Azufre del Diésel y el O<sub>2</sub>, este compuesto que se usa en Ecuador tiene una concentración de 5000 ppm;
- El Dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>) es producido entre el Nitrógeno molecular del aire (N<sub>2</sub>) y el O<sub>2</sub>, sus niveles de emisión depende de la temperatura que se da en el proceso de combustión, cuanto mayor es la temperatura de la llama, mayor es la proporción de NO en los gases de escape de los automóviles, del tiempo de residencia de estos compuestos en la cámara de reacción, hasta alcanzar el valor de equilibrio por ser esta reacción reversible, normalmente los tiempos son corto y no se llega a las condiciones de equilibrio, a los cuales se logra la mayor concentración de formación; aire/combustible, muchos de estos compuestos han sido comprobados ser cancerígenos, lo que nos habla de la importancia de estudiar este fenómeno.

## 1.2 Campo de la investigación.

El campo de acción es el siguiente:

- Cantidad de vehículos en la provincia del Guayas en el año 2014.
- Cantidad de vehículos de más de 10 años que generan más gases contaminantes en el año 2014 en la provincia del Guayas.
- Alto número de vehículos circulando por la ciudad.
- Alto porcentaje de vehículos viejos en la provincia del Guayas.

De acuerdo a las autoridades del Instituto Nacional de Estadísticas y Censo (INEC) en el año 2014, se matricularon un total de 1.725.712 vehículos en el Ecuador, de los cuales corresponden a la provincia del Guayas 315.805 vehículos matriculados. El gráfico 1 demuestra la cantidad de vehículos que se encuentran en las principales provincias del Ecuador (INEC, <http://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web->, 2014), como se ha mencionado, por el sector de estudio transitan diferentes tipos de vehículos que vienen y se dirigen a las principales provincias ubicadas al nor-este, sur y sur-este del país especialmente vehículos pesados que transportan insumos, productos y materia prima desde y hacia el puerto de Guayaquil.

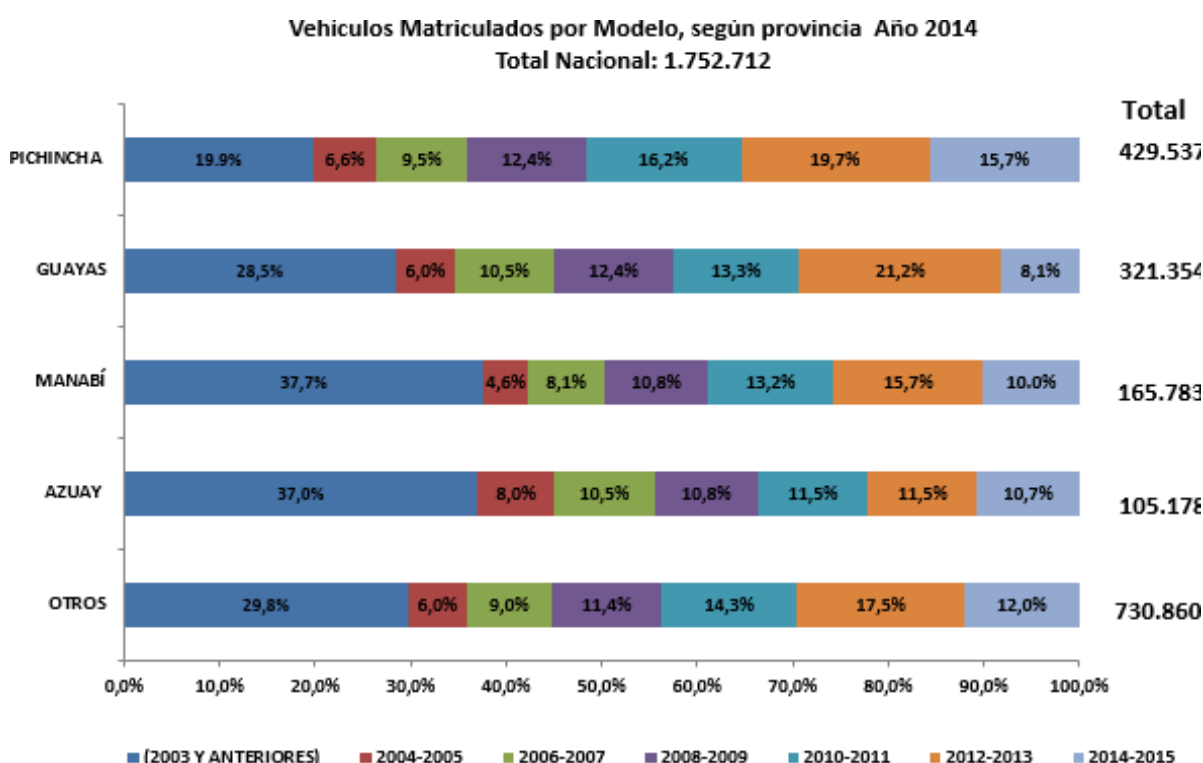


**Gráfico 1**

**Fuente: Anuario de Estadísticas de Transporte 2014 INEC.** (INEC, <http://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web->, 2014)

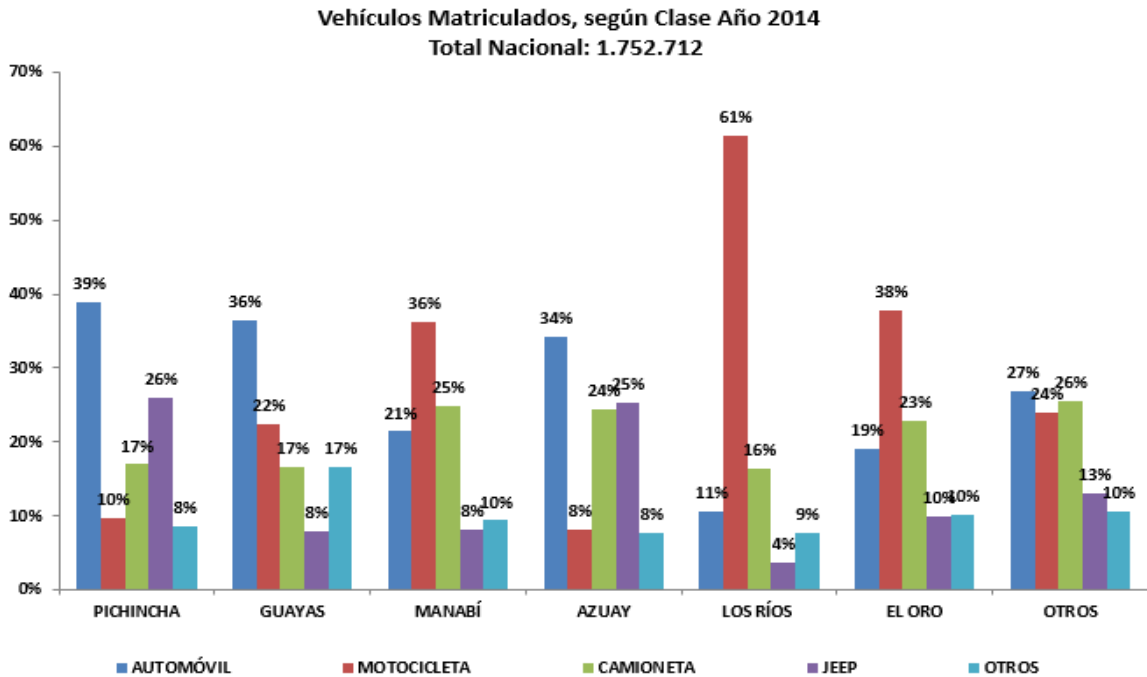
Además, las estadísticas del INEC del 2014 indican que en la provincia del Guayas el 28.5% de los vehículos matriculados tienen más de 10 años de antigüedad, ver gráfico 2, estos vehículos tienden a emitir más gases de combustión al momento de su operación debido a que en general los habitantes del Ecuador tienen una escasa cultura del mantenimiento vehicular, además del desgaste del motor por la edad y la pérdida natural de la eficiencia del mismo. En la Provincia del Guayas el parque automotor llega a 429.537 vehículos. De estas estadísticas se estima que el 87.5 % de este total usa gasolina y 12.5 % diésel, ver gráfico 3. La mayor cantidad de vehículos que usan gasolina son automóviles, mientras que la mayor proporción de vehículos a diésel son camiones. A partir de 1999 los fabricantes de vehículos ofertan principalmente vehículos a inyección de gasolina únicamente, por lo tanto, se puede estimar que actualmente el 80 % del parque automotor sea a inyección. Esta proporción se irá incrementando paulatinamente a medida que el parque automotor se vaya actualizando

**Gráfico 2**



**Fuente:** (INEC, <http://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web->, 2014)

### Gráfico 3

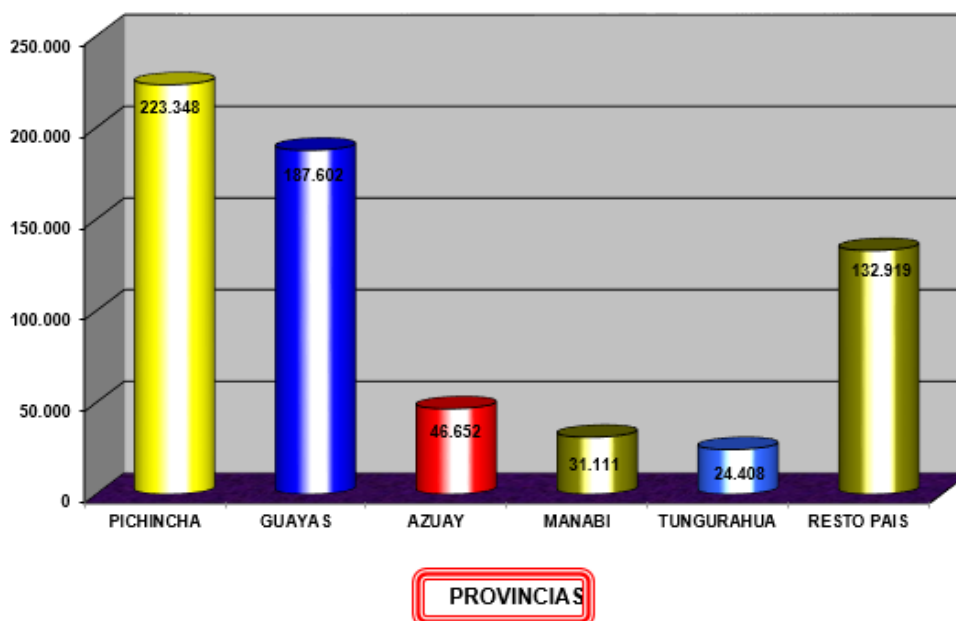


**Fuente:** (INEC, <http://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web->, 2014)

A inicios de del año 2000 la Comisión de Transito del Ecuador (CTE) informa que la cifra de vehículos era de 646.040, que comparados con los 1.752.712 vehículos reportados por el INEC en el 2014; esto corresponde a un incremento de 271 % en 14 años, ver gráfico 4, por relación directa podemos deducir que en promedio el incremento del parque automotriz es de aproximadamente el 20% anual, este incremento del número de vehículos, se considera que es directamente proporcional a la emisión de gases de combustión, por lo que se puede interpretar que esto ya se convierte en un problema general de tipo ambiental, además, se da el hecho de que hay una gran cantidad de vehículos viejos y en estado de vetustez, que aún se mantienen circulando especialmente los vehículos pesados, siendo visible la fuerte contaminación que estos vehículos generan lo que representa una fuerte carga de contaminantes al ambiente.

Gráfico 4

**VEHÍCULOS MATRICULADOS SEGÚN PROVINCIAS.- AÑO 2000**  
**TOTAL DE 646.040 VEHÍCULOS MATRICULADOS**



**Fuente:** (INEC, <http://www.ecuadrencifras.gob.ec/anuarios-de-transporte-2/>, 2000).

### 1.3 Pregunta Científica.

¿Cómo evitar el incremento de la emisión de gases de combustión que originan los motores vehiculares a través del incentivo de adquisición de vehículos con motores eléctricos o híbridos, para reemplazar el alto porcentaje de los vehículos viejos de la provincia del Guayas?

¿Cómo evitar el incremento de la emisión de gases de combustión que originan los motores vehiculares a través del incentivo de uso de bicicletas dentro de la ciudad para disminuir el alto número de vehículos circulando en la ciudad?

### **1.3.1 ¿Cuáles son los factores que afectan la tasa de emisión de contaminantes gaseosos?**

Los factores que afectan la emisión de contaminantes al ambiente se pueden agrupar en las siguientes categorías: especificaciones tecnológicas del vehículo, estatus del vehículo, condiciones operativas del vehículo y condiciones ambientales externas (North, December, 2006.). Especificaciones del vehículo incluyen las características de diseño del vehículo, características de propulsión (ciclo de Otto o Diésel), tipo de combustible que usa, dispositivo de control de emisiones (catalizador tipo y condiciones) y potencia de motor. El estatus del vehículo está dado por su kilometraje, edad, y condiciones mecánicas. Condiciones de operación del vehículo tienen que ver con velocidad del motor, la razón aire/combustible, condiciones cinemáticas y temperatura del catalizador, el desgaste de los neumáticos que aportan a partículas suspendidas, el desgaste de los frenos, etc. Adicionalmente, depende de la conducta de manejo del conductor. Las condiciones ambientales que se consideran son temperatura, presión atmosférica y humedad relativa, y características de las vías tales como, longitud, curvas y condiciones del suelo y capa de rodadura. (North, December, 2006.)

## **1.4 Delimitación del Problema.**

### **1.4.1 Antecedentes y Causa del problema.**

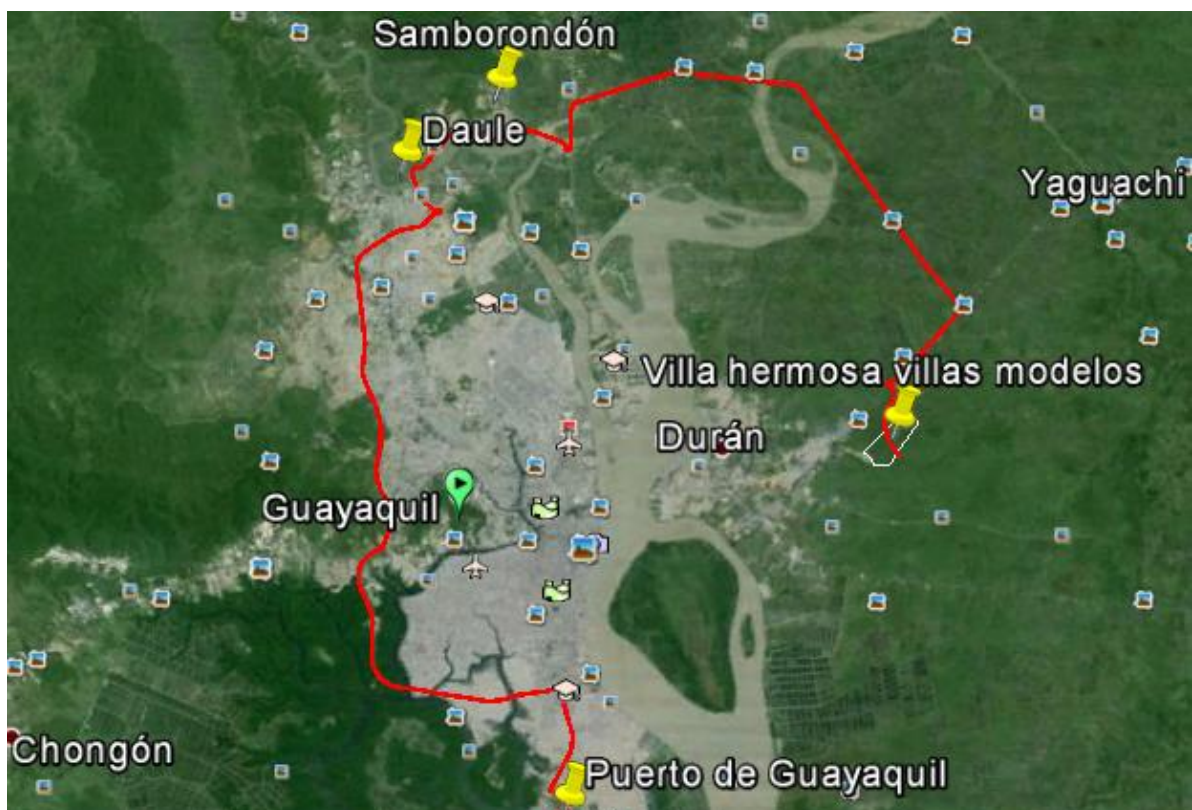
El cantón Durán, pertenece a la provincia del Guayas, en la región costa de la república del Ecuador. Se encuentra ubicada en el margen este del río Guayas y frente a la ciudad de Guayaquil con la que está unida por medio del Puente de La Unidad Nacional. La ciudad de Eloy Alfaro es la cabecera del cantón homónimo. En el censo oficial realizado por el INEC en el año 2010, el cantón Durán contaba con 255.789 habitantes. Se originó el 16 de Octubre de 1902 como parroquia rural del cantón Guayaquil y en enero de 1986 se convierte en Cantón separándose de la ciudad de Guayaquil. En la actualidad el cantón de Durán forma parte de la aglomeración urbana de Guayaquil, pues se encuentran fuertemente ligadas a esta ciudad, todas sus actividades económicas, comerciales, y sociales. El cantón Durán ha incrementado la zona urbana hacia el sur – Oeste, en donde se desarrollan algunos proyectos inmobiliarios. El área de estudio se encuentra ubicada en



el km 3 de la denominada vía “El Enlace” que une dos arterias principales de transito; la Vía Durán –Yaguachi y la autopista Durán –Boliche al este de Durán. Esta vía es el ingreso y salida principal de los principales productos de importación y exportación desde el puerto de Guayaquil hacia toda la república con el recorrido que se detalla a continuación: Puerto de Guayaquil, Av. 25 de Julio, siguiendo por la perimetral, Av. Orellana, que conecta a los cantones Guayaquil con Daule, Av. León Febres Cordero, conectando a los Cantones Daule con Samborondón mediante la Vía Samborondón sigue luego la vía que conecta a la Vía Yaguachi mediante el puente alternativo norte (PAN) continua hasta el distribuidor que conecta la Vía Durán Yaguachi doblando hacia el sur oeste hacia la ciudad de Durán y posteriormente en el distribuidor de tráfico se conecta con la Vía el Enlace, pasando aproximadamente dos kilómetros de esta por el sector en donde realizamos el estudio.

**Gráfico 5**

**Recorrido desde el puerto de Guayaquil hacia zona de Estudio.**



**Fuente: Propia Obtenida del Programa Google Earth**

En esta vía se desarrolla principalmente tráfico pesado, mientras que el intermedio y ligero es mínimo, este tráfico genera contaminación por emisión de gases de combustión los mismos que son evaluados en este estudio de caso, respecto los límites permitidos en la legislación pertinente. Puesto que estos gases de combustión son contaminantes que en concentraciones altas causan reacciones adversas a la salud de los seres vivos, generando enfermedades respiratorias, cardiovasculares, mortalidad temprana, cáncer, mala calidad de vida. Además de generar contaminantes secundarios que derivan perjuicio al ambiente, lluvia acida, corrosión, etc.

El comportamiento de los gases en la atmósfera depende no sólo de las características químicas del componente y del ambiente donde se encuentra, sino además de condiciones físicas y meteorológicas donde se emiten. Por esto, las entidades regulatorias ambientales toman las decisiones de estandarizar unos niveles máximos permisibles de concentración para cada uno de los contaminantes. De aquí que las normas de calidad del aire en el mundo están siendo cada vez más exigentes y tienen mayor similitud a nivel global. , muchos de estos compuestos han sido comprobados ser cancerígenos, lo que nos habla de la importancia de estudiar este fenómeno.

#### **1.4.2 Clima de Durán.**

El clima predominante en la zona de estudio del proyecto está caracterizado por las condiciones existentes para la ciudad de Guayaquil, el mismo que tiene una fuerte influencia del desplazamiento meridional de la Zona de Convergencia Intertropical ZCIT, que es la zona de interacción o límite entre los vientos del norte y los vientos del sur del Pacífico Oriental, determinando de esta manera dos tipos de estaciones, una estación seca y una estación húmeda. Durante la estación húmeda, que generalmente se presenta durante los meses de Diciembre a Abril de cada año, los vientos alisios del norte se intensifican; la ZCIT se desplaza hacia el sur frente a la costa del Ecuador, entre la latitud 0° y 1° S; mientras que los alisios del Sureste se debilitan. En la estación seca, que se presenta durante los meses de Mayo a Noviembre de cada año, los alisios del sur predominan y la ZCIT se desplaza hacia el norte. Existe una interacción entre este sistema atmosférico y el océano. En la región se produce además la circulación superficial de las

aguas oceánicas, las cuales siguen un ciclo anual y el ciclo se altera principalmente por la ocurrencia del fenómeno de El Niño (CELEC, Abril, 2012).

A este régimen climático se presentan en forma aleatoria variaciones interanuales como el evento ENOS (El Niño-Oscilación Sur), que consiste en la invasión masiva de aguas cálidas al Pacífico Oriental Tropical, y en especial a las costas del Ecuador y Perú. Cuando se presenta el fenómeno ENOS, la temperatura del agua y del nivel del mar registran una elevación significativa, y las precipitaciones aumentan sustancialmente.

Las precipitaciones pueden alcanzar valores muy altos, por ejemplo los eventos ocurridos durante los años 1982-83 y 1997-98 son considerados como los de mayor intensidad del siglo veinte.

Según la clasificación de Koppen (wikipedia.org, 2015) que atiende a las variaciones de temperatura y humedad, las medias de los meses más cálidos y fríos, y los efectos bioclimáticos, es de tipo “Sabana Tropical” (Aw). De acuerdo con clasificación bioclimática de Holdridge, aplicada por Cañadas, se encuentran dos climas, muy seco tropical y bosque seco tropical. Mediante los registros de largo período en estaciones representativas estos patrones se han podido perfilar y refinar, consiguiéndose la particularización del microclima en la zona de interés.

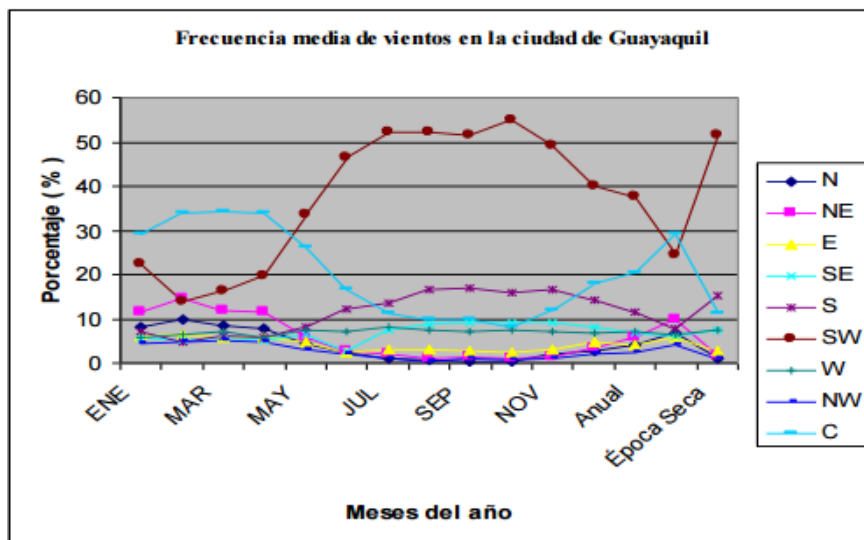
En el estuario del río Guayas, Koppen utilizando medias periódicas de temperatura y precipitación, encuentra una sub-clasificación en clima de tipo tropical monzón, cuyas características son precipitaciones acumuladas del orden de 900 a 1100 mm/año, temperatura media del aire de 25° C, y humedad relativa que oscila en el orden del 75%. Este patrón se condiciona a factores como viento proveniente del océano Pacífico, la ubicación de la zona de convergencia intertropical, las corrientes marinas en el Golfo de Guayaquil, y las variaciones de presión. Para realizar la caracterización climática zonal se han analizado los registros estadísticos de la estación meteorológica del Aeropuerto en Guayaquil para varias series de tiempo representativas (CELEC, Abril, 2012)

#### **1.4.2.1 Características del Viento**

De los datos estadísticos de la estación meteorológica del Instituto Oceanográfico de la Armada (INOCAR, 2014) se determinó que la dirección sur-suroeste (tercer cuadrante) es la que predomina para los vientos a lo largo del año, y que las magnitudes son mayores

durante la estación seca (5,70 m/s), especialmente en los meses de agosto y septiembre; en tanto que a lo largo del año la velocidad promedio es de 1,20 m/s con valores máximos promedios del orden de 4,80 m/s, y la dirección fluctúa en un rango amplio del sureste al oeste. Los rasgos generales en los patrones del viento inferidos de los registros de largo y corto periodo indican que generalmente la dirección predominante de los vientos es sur-suroeste, siendo los mínimos alrededor del mes de abril.

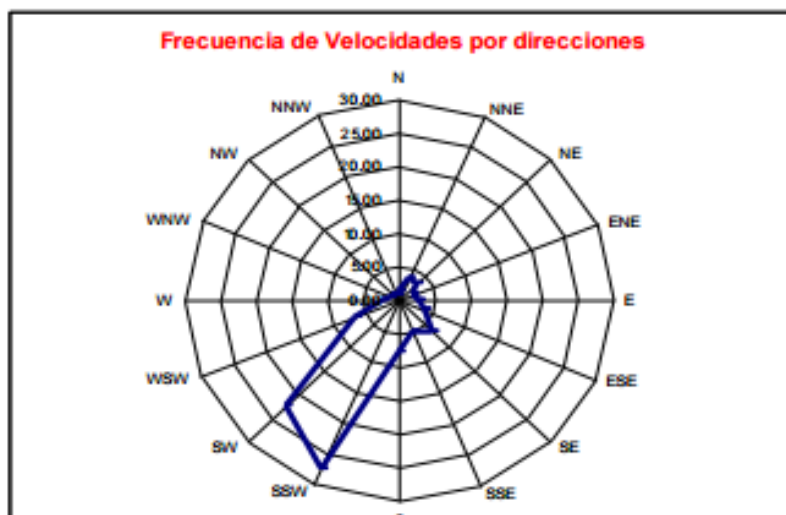
**Gráfico 6**



**Fuente: Estación Meteorológica Aeropuerto-Guayaquil.**

A continuación se muestra la distribución de velocidad y la rosa de los vientos para el área de estudio (CELEC, Abril, 2012).

**Gráfico 7**



Fuente: Estación Meteorológica Aeropuerto-Guayaquil.

#### 1.4.2.2 Humedad

Existe un alto índice de evaporación, la humedad relativa registra un valor medio del 75%, las medias de los mínimos y máximos son 50% y 94% respectivamente, y se observa un incremento en la temporada lluviosa. Los valores máximos se registran durante los meses de febrero, marzo y abril, mientras que usualmente en el último trimestre del año se presentan los valores mínimos (Barriga, Noviembre, 2008.)

**Tabla 01 Humedad Relativa Promedio en la Ciudad de Guayaquil**

Meses	Humedad Relativa (%)
Enero	72.5
Febrero	76.5
Marzo	74.0
Abril	74.5
Mayo	73.0
Junio	73.5
Julio	72.5
Agosto	70.50
Septiembre	69.50
Octubre	69.50
Noviembre	68.0
Diciembre	67.50
Promedio	71.80

FUENTE: (CELEC, Abril, 2012)

### 1.4.2.3 Nubosidad y Heliofanía

La nubosidad media anual del área es alta y casi constante, ya que en la escala de referencia utilizada, expresada en octavos, en promedio se sitúa en seis octavos (6/8). Entre los meses de enero a marzo generalmente se presenta mayor nubosidad. Esta característica está relacionada con el desplazamiento hacia el sur de la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT), y de la corriente del Niño durante el período de lluvias o estación invernal. La constante presencia de nubes es causada por las elevadas temperaturas que producen mayor evaporación del agua, pero las precipitaciones despejan el cielo con mayor frecuencia. Enero y Febrero corresponden a los meses de menor insolación media normal, el segundo con 94,2 horas y los meses de abril, mayo, agosto y septiembre tienen los mayores registros medio de insolación con valores mayores de 130 horas mensuales (INAMHI, 2014)

**Tabla 2 Heliofanía Mensual Promedio en Guayaquil**

Meses	Radiación solar Diaria Horizontal (kWh/(m <sup>2</sup> *d)
Enero	3.42
Febrero	4.42
Marzo	3.39
Abril	4.36
Mayo	4.33
Junio	3.58
Julio	4.36
Agosto	3.64
Septiembre	5.69
Octubre	4.17
Noviembre	3.72
Diciembre	4.61
Promedio	4.14

Fuente: Plataforma Online RetScreen4 2007-11-06

#### 1.4.2.4 Precipitaciones

Para caracterizar este parámetro, se toma como referencia los datos de precipitaciones de la estación meteorológica del Instituto Oceanográfico de la Armada INOCAR (INOCAR, 2014), para el período 1948 al 2008. La precipitación media multianual es de 1,011.7 mm, concentrándose el 87% en los cuatro primeros meses del año, lo cual pone de manifiesto lo irregular de su distribución con el tiempo. Cabe señalar también que han habido años con valores extremos, como es el caso de los años 1982-83 donde se registró un valor máximo anual de 4250.7 mm coincidente con el fenómeno de El Niño, considerado por varios investigadores como el de mayor intensidad del siglo veinte; así también se han registrado años muy secos como el de 1979 donde se tuvo apenas 413.2 mm. Los meses de febrero y marzo presentan los mayores acumulados mensuales de precipitaciones, los meses de junio a noviembre presentan muy poca o casi ninguna precipitación (CELEC, Abril, 2012)

#### 1.4.2.5 Temperatura del Aire.

En la ciudad de Guayaquil, durante la temporada seca o los meses fríos (junio - diciembre) la temperatura del aire ambiente varía entre 17°C (mínima absoluta) y 31°C (máxima absoluta), mientras que en la temporada lluviosa o de los meses cálidos (enero - mayo) se observan temperaturas que alcanzan los 17.5 °C (mínima absoluta) y 36.6 °C (máxima absoluta). La temperatura media anual del aire es de 25.5° C. (5) Los valores extremos alcanzan 17.5° C y 37o C. (INAMHI, 2014)

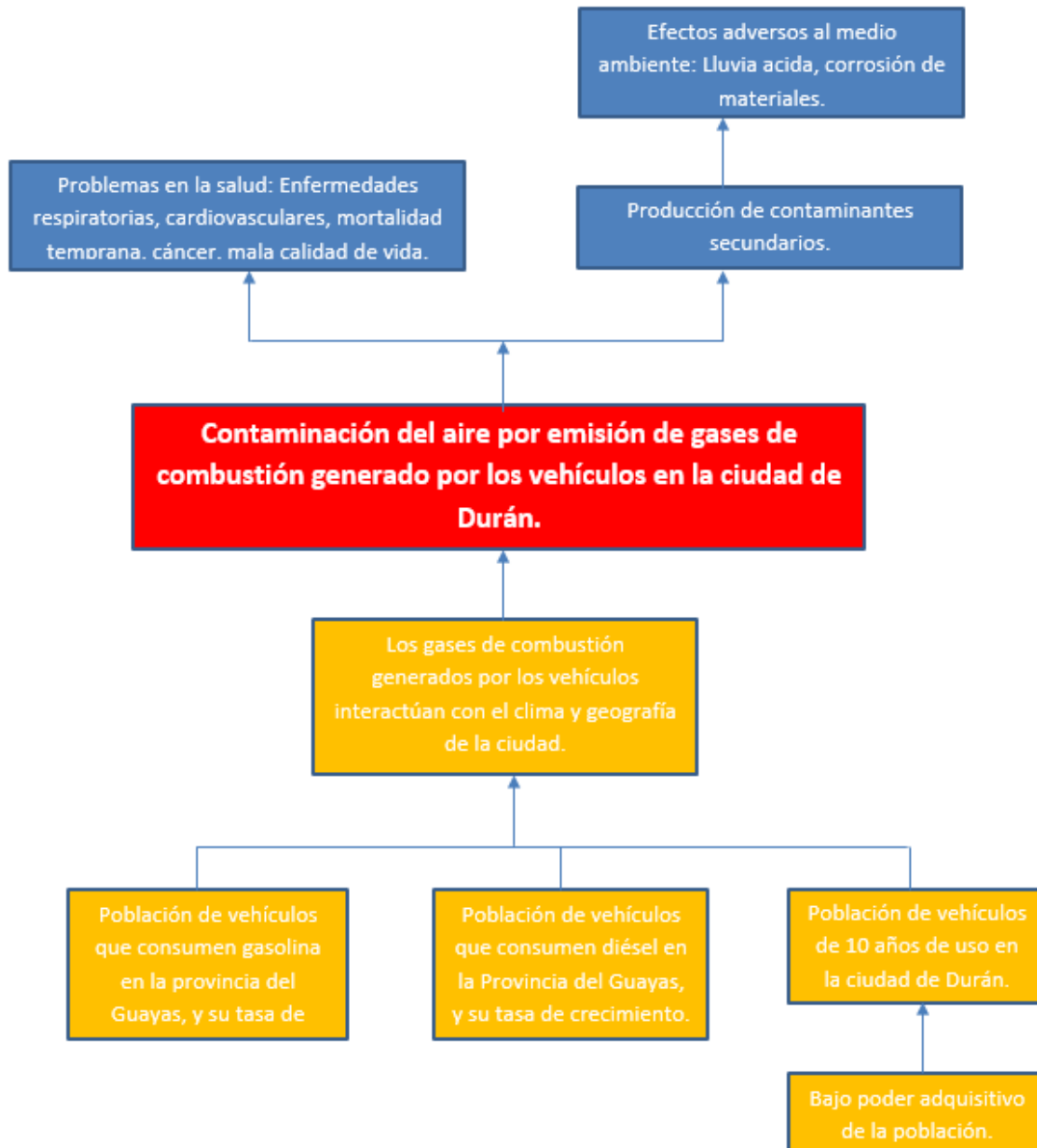
**Tabla 3 Temperatura Ambiente en Guayaquil.**

Meses	Media (°C)	Máxima (°C)	Mínima (°C)
Enero	28.1	35.9	22.7
Febrero	27	33.5	22.5
Marzo	27	33.2	20.2
Abril	27.8	33.3	22.8
Mayo	26	33.8	20.6
Junio	24.7	32.5	20.3
Julio	24.3	31.9	19.9
Agosto	23.8	31.1	19.9
Septiembre	24.2	33.3	19.4

<b>Octubre</b>	<b>23.8</b>	<b>32.5</b>	<b>19.6</b>
<b>Noviembre</b>	<b>25.3</b>	<b>33.7</b>	<b>20</b>
<b>Diciembre</b>	<b>25.9</b>	<b>33.3</b>	<b>21.2</b>

**Fuente: Estación Meteorológica Aeropuerto – Guayaquil.**

#### 1.4.2.6 Árbol de Problemas.





## **1.5 Justificación.**

La contaminación por emisión de gases provenientes de la combustión vehicular ya se hace evidente y es importante su estudio para conocer los niveles de contaminación del aire por la emisión de los gases de combustión de los motores de los vehículos que circulan por la vía “El Enlace en el sector de Duran, y de esta manera se formen estudios técnicos a través del tiempo y complementarios para que las autoridades competentes, tanto de tránsito como de medio Ambiente, tengan conocimiento de los valores reales de concentración de estos gases y puedan ajustar las respectivas medidas legales, y soluciones complementarias con el fin de mantener las emisiones dentro del marco legal.

El presente estudio de caso realiza la medición de los gases de combustión: Monóxido de carbono (CO), dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>) y dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>), se analizó la calidad del aire en el sector durante 24 horas el 17 de Diciembre del 2015, en dos estaciones de monitoreo las mismas que se ubicaron en el Km 3 de la vía “El Enlace” a 70 metros y 300 m de la misma, estos resultados deben ser un punto de partida para las entidades en el monitoreo del sector y poder así empezar un registro con el cual comparar con el tiempo los resultados y saber el valor de los contaminantes vs la cantidad de vehículos circulantes en la vía y poder predecir con antelación valores por crecimiento de parque automotriz y poder así ajustar las respectivas medidas legales, y soluciones complementarias con el fin de mantener las emisiones dentro del marco legal.

## **1.6 Objetivos**

### **1.6.1 Objetivo General.**

Evaluar de la Calidad del Aire Referente a Emisiones de Gases de Combustión: Monóxido de Carbono (CO) Dióxido de Azufre (SO<sub>2</sub>) y Óxidos de Nitrógeno (NO<sub>2</sub>) Generados por los Vehículos que Transitan en La vía “El Enlace” en la nueva zona urbana de Durán.

### **1.6.2 Objetivos específicos**

- Determinar los valores de concentración de Gases de Combustión emitidos por los motores de los vehículos que circulan por los sectores a ser estudiados, estos gases son: Monóxido de Carbono (CO), Dióxido de Azufre (SO<sub>2</sub>), Dióxido de Nitrógeno (NO<sub>2</sub>).
- Evaluar de los resultados obtenidos de los valores de concentración de Gases de Combustión emitidos por los motores de los vehículos que circulan por los sectores a ser estudiados, con los límites máximos establecidos en la norma ambiental vigente.
- Establecer un conteo de vehículos discriminado entre vehículos pesados que usan el diésel como fuente de combustión, y vehículos livianos que usan gasolina como fuente de combustión.

### **1.7 Premisa del problema.**

Las premisas que se plantean en este estudio son las siguientes: Existe una relación directa entre concentración de contaminantes atmosféricos con las características del tráfico vehicular en un ambiente urbano, además Guayaquil y Durán son ciudades vecinas y están unidas por el Rio Guayas, por lo que sus características climáticas son consideradas iguales.

### **1.8 Solución Propuesta.**

Se aplique la revisión técnica vehicular de forma obligatoria en las demás provincias del Ecuador, para tener un control real sobre la emisiones de contaminantes que generan los vehículos que transitan en la república, recordemos que este problema es global y todos tenemos que juntar esfuerzos para solucionar esta problemática y no solo depende de las principales ciudades.

Además, el estado debe de dar facilidades a la importación de vehículos con motores eléctricos y vehículos con motores híbridos.

Se recomienda incrementar el incentivo del uso de las bicicletas como medio de transporte interno de la ciudad.

## **2 CAPITULO II: DESARROLLO**

### **2.1.1 Marco Teórico.**

El tema de contaminación del aire empezó a ser un problema para los científicos al presentarse eventos como los de Meuse Valley en 1930, donde murieron más de 60 personas por emisiones de SO<sub>2</sub> y fluorocarbonados; el de Donora Pennsylvania en 1948, dando muerte a más de 20 personas por emisiones de material Particulado, y el más importante, en Londres en 1952 con la muerte de más de 4,000 personas también por presencia de partículas en exceso en el ambiente. Esto dio la alerta para tomar medidas radicales a nivel mundial en términos políticos y científicos (Nevers., 1998).

El comportamiento de los gases en la atmósfera depende no sólo de las características químicas del componente y del ambiente donde se encuentra, sino además de condiciones físicas y meteorológicas donde se emiten. Por esto, las entidades regulatorias ambientales toman las decisiones de estandarizar unos niveles máximos permisibles de concentración para cada uno de los contaminantes. De aquí que las normas de calidad del aire en el mundo están siendo cada vez más exigentes y tienen mayor similitud a nivel global.

El transporte es responsable de algunos de los riesgos ambientales y de salud que enfrentan muchas ciudades en desarrollo. En el contexto europeo, el transporte relacionado con la salud y los riesgos ambientales han sido un foco importante de diálogo conjunto de políticas desde hace más de una década, por ejemplo, en el Programa Paneuropeo de Transporte, Salud y Medio Ambiente. En muchos países en desarrollo, los riesgos para la salud relacionados con el transporte aún no han recibido una atención prioritaria, o no han llegado a estimular acciones políticas conjuntas por la salud, el medio ambiente y del transporte en general (WHO, <http://www.who.int/heli/en/>, 2009).

Los materiales emitidos al ambiente por la combustión de los motores de los vehículos corresponden a: Dióxidos de Nitrógenos NO<sub>2</sub>, Monóxido de Carbono CO, Dióxido de Azufre SO<sub>2</sub>, Hidrocarburos HC (Compuestos Orgánicos Volátiles), Dióxido de Carbono CO<sub>2</sub> y Material Particulado. De estos detallaremos a continuación las principales propiedades de los tres primeros compuestos que son la base de este estudio (Tyler, 2013).

## 2.1.2 Teorías Sustantivas.

### 2.1.2.1 Monóxido de Carbono.

Es un compuesto incoloro e inodoro, es muy estable químicamente y tiene una vida media en la atmósfera de 2 a 4 meses. Se estima que de las emisiones globales de este compuesto, el 20 % corresponde a actividades del hombre. En el año 1968 las emisiones de este compuesto fueron 350 millones de toneladas. Por lo general, el CO se oxida a CO<sub>2</sub> en la atmósfera. El CO no parece tener efectos perjudiciales sobre la superficie de los materiales. Los resultados de numerosos experimentos han demostrado que el CO no produce efectos dañinos de clase alguna en las formas de vida de las plantas a concentraciones menores a 100 ppm, durante exposiciones de 1 a 3 semanas. Las concentraciones ambientales del CO rara vez alcanzan este nivel, ni siquiera en periodos cortos (Nevers, 1998).

Hay numerosos estudios que demuestran que las altas concentraciones de CO pueden causar en el hombre cambios fisiológicos y patológicos, y finalmente la muerte. Se conoce que el CO puede causar la muerte de una persona en corto periodo de tiempo cuando se encuentra expuesta a altas concentraciones (> 750 ppm). En la sangre la combinación con CO lleva a la formación de la carboxihemoglobina *COHb*; la combinación del oxígeno con la hemoglobina produce la oxihemoglobina, *O<sub>2</sub>Hb*. La hemoglobina tiene una afinidad por el CO que es aproximadamente 210 veces su afinidad por el oxígeno. Es decir, la presión parcial del CO requerido para saturar totalmente la hemoglobina es solo 1/200 a 1/250 veces de la presión parcial del oxígeno requerido para la completa saturación con el O<sub>2</sub> (Carter, March, 1999)

El monóxido de carbono se forma como un producto intermedio de la reacción química entre combustibles carbonados y el oxígeno. Cuando se provee una cantidad insuficiente de oxígeno (mezcla rica), se produce CO como un producto final de la combustión. En las mezclas pobres, se produce CO por alguna de las siguientes razones: a) pudo haber una mezcla defectuosa del combustible y el aire en la zona de reacción, de forma que las regiones de dicha zona se comportan como ricas en combustible, a pesar de que la mezcla sea pobre, b) el CO se puede originar en regiones a alta temperatura de la zona de combustión, donde el equilibrio químico impone que deberá ocurrir la disociación del

CO<sub>2</sub> en CO. Por lo tanto, los efectos del cociente combustible a aire, el grado de mezcla y la temperatura pueden llevar a la formación significativa de CO en la parte caliente de la zona de combustión.

#### **2.1.2.2 Dióxido de Azufre.**

El SO<sub>2</sub> es un gas incoloro, no flamable y no explosivo que produce una sensación gustatoria a concentraciones de 0.3 a 1.0 ppm en el aire. A concentraciones mayores de 3.0 ppm, el gas tiene un olor acre e irritable. El SO<sub>2</sub> se convierte parcialmente a trióxido de azufre y ácido sulfúrico y a sus sales mediante procesos fotoquímicos o catalíticos en la atmosfera. Los óxidos de azufre en combinación con las partículas y la humedad del aire producen los efectos más perjudiciales atribuidos a la contaminación del aire (Wark, 2002.).

Las partículas en suspensión reducen el rango visual al dispersar y absorber la luz. Como los aerosoles del ácido sulfúrico y otros sulfatos constituyen del 5 al 20 % de las partículas en suspensión en el aire urbano, contribuyen significativamente a la reducción de la visibilidad. Investigaciones (North, December, 2006.) Indican que mucha de la neblina atmosférica se debe a la formación de varios aerosoles resultantes de las reacciones fotoquímicas entre el SO<sub>2</sub>, las partículas, los óxidos de nitrógeno y los hidrocarburos presentes en la atmosfera. Mediciones indican que una importante fracción del sulfato presente en el aire urbano tiene un tamaño efectivo de menos de 2 µm, con el pico de distribución del tamaño de alrededor de 0.2 a 0.9 µm. Como la longitud de onda del rango visible del espectro electromagnético varía aproximadamente de 0.4 a 0.8 µm, la presencia de aerosoles de este tipo puede causar una marcada reducción de la visibilidad. El rango típico de las concentraciones de SO<sub>2</sub> en áreas urbanas es de 0.01 a 0.2 ppm (Nevers, 1998)

Se considera al SO<sub>2</sub> el contaminante más perjudicial entre los que contribuyen a la corrosión del metal. La temperatura y la humedad relativa influyen significativamente en las tasas de corrosión.

Varias especies de mamíferos, incluyendo el hombre sufren de bronco - constricción ante el SO<sub>2</sub>, la mayoría de los individuos mostrarán una reacción al SO<sub>2</sub> a concentraciones de 5 ppm o mayores, y algunos individuos sensibles muestran efectos a 1 o 2 ppm.

Greenwald (Carter, March, 1999) realizó un estudio completo de los efectos fisiológicos del SO<sub>2</sub> y SO<sub>3</sub> sobre el hombre y los animales. Este informe indica que el SO<sub>2</sub> actúa como un gas acre, sofocante e irritante en su efecto sobre la parte superior del tubo respiratorio durante una exposición moderada. Otros estudios indican que se requieren concentraciones por encima de 1 ppm de SO<sub>2</sub> antes de que se pueda esperar efectos graves o significativos sobre la salud de individuos afectados o no afectados.

### **2.1.2.3 Óxidos de Nitrógeno**

El óxido nítrico (NO) es un gas incoloro y su concentración ambiental es por lo general menor a 0.5 ppm, el dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>) es un gas pardo rojizo constituyéndose en importantes contaminantes del aire, sin que causen daños directos a los materiales, sin embargo, el NO<sub>2</sub> puede reaccionar con la humedad presente en la atmosfera para formar ácido nítrico que causa corrosión en las superficies metálicas. El NO<sub>2</sub> absorbe la luz visible y a una concentración de 0.25 ppm causa apreciable reducción de la visibilidad. El NO<sub>2</sub> actúa como un fuerte irritante y a iguales concentraciones es más dañino que el NO. En combinación con los hidrocarburos no quemados, los óxidos de nitrógeno reaccionan con la luz solar y formar el smog fotoquímico (Nevers, 1998)

A una concentración de 1 ppm de NO<sub>2</sub> es probable que se lo detecte a simple vista. Se conoce que el NO<sub>2</sub> no es un contaminante primario en el sentido que afecta a la salud, a menos que esté presente a condiciones elevadas de concentración. El riesgo ambiental del NO<sub>2</sub> está asociado principalmente con los efectos sobre los pulmones. Individuos sanos expuestos a concentraciones entre 0.7 y 5.0 ppm durante 10 a 15 minutos han desarrollado condiciones anormales en los conductos pulmonares. La exposición a 15 ppm de NO<sub>2</sub> causa irritación en los ojos y nariz, habiéndose notado trastornos en los pulmones a 25 ppm, para exposición de menos de 1 hora. Estos resultados no tienen mayor trascendencia, ya que se determinaron a condiciones de 5 a 20 veces la concentración promedio de NO<sub>2</sub> en la atmosfera. De los datos anteriores se puede ver, que la contaminación del aire asociada con los óxidos de nitrógeno y los conocimientos médicos,

no se considera per se un riesgo para la salud. El daño real presentado por el óxido de nitrógeno a las concentraciones presente en áreas metropolitanas, se basa en el papel que tiene en las reacciones de formación del smog fotoquímico. Los productos de estas reacciones tienen efectos adversos directos sobre los seres humanos y las plantas (Yahaya., October, 2003. ). Más del 90 % de todos los óxidos de nitrógeno producido por el hombre se originan por el consumo de combustible, en USA, aproximadamente la mitad del NO<sub>x</sub> proviene de fuentes móviles. Mediante numerosos estudios se ha llegado a determinar que las máximas concentraciones de los NO<sub>x</sub> en las principales áreas urbanas pueden alcanzar niveles de 0.3 a 1.4 ppm, para tiempos promedios de 1 día o menos. El nivel promedio del NO<sub>x</sub> en la atmosfera de áreas urbanas de California cargadas de smog es alrededor de 0.25 ppm, con una máxima concentración 3.5 ppm. En algunas circunstancias, el NO<sub>x</sub> pudiera estar a condiciones altas de concentración, y sin embargo no reaccionar para la formación de smog, debido a que están ausentes otras condiciones necesarias para la reacción (Capiello, June, 2002.)

La cantidad de NO<sub>x</sub> dispersada en el ambiente se puede reducir de dos maneras. El método primario consiste en controlar la reacción que produce el contaminante. El segundo método consiste en remover el contaminante luego que se ha formado. La aplicación de estos métodos requiere una comprensión de la química, termodinámica y cinética de las reacciones de formación.

Existentes dos fuentes de nitrógeno que contribuyen a la formación de los óxidos de nitrógeno en las reacciones de combustión. La reacción entre el combustible y el aire, siendo el propio aire que contiene nitrógeno y oxígeno moleculares en una relación de 3.75:1. El nitrógeno contenido en el propio combustible en su estructura molecular puede aportar fracciones apreciables de nitrógeno que luego aparece como NO<sub>x</sub> en los gases producto de la reacción (Carter, March, 1999).

El presente caso de estudio está basado en el marco legal que el Ministerio del Ambiente ha previsto para preservar, y mantener la calidad de aire en los límites de la república del Ecuador, del marco legal pertinente se extrae lo concerniente a los límites de los contaminantes estudiados en el presente proyecto.



#### **2.1.2.4 Producción de Monóxido de Carbono, Dióxido de Nitrógeno, Dióxido de Azufre, en emisiones del tránsito vehicular.**

El Volumen producido de CO depende directamente de la relación estequiométrica aire/combustible que ingresa al motor del vehículo y de las condiciones mecánicas del vehículo, lo que depende del mantenimiento que se les a estos. Para que exista una combustión completa siempre debe haber un exceso de aire, normalmente se usa un 10 a 20 % de aire en exceso.

Los flujo máxicos de NO<sub>x</sub> depende de las condiciones de temperatura de la reacción de combustión, altas temperaturas favorecen la formación de NO, condiciones más bajas la de NO<sub>2</sub>, normalmente el contaminante que tiene mayor presencia inicial es el NO, pero al salir este al ambiente y pasar por el proceso de enfriamiento y con un ambiente rico en O<sub>2</sub>, se dan las condiciones para que todo esta masa de NO se convierta a NO<sub>2</sub>, lo que en realidad sucede en un tiempo que se puede calcular de acuerdo a la cinética de esta reacción. Bajo esta consideración, la masa que se usa en los cálculos es la de NO<sub>2</sub>, la que por aplicación de un factor de 1.53, que implica sus Pesos Moleculares, se convierte de NO a NO<sub>2</sub>. En resumen se puede decir que este compuesto siempre será formado en los procesos de combustión, ya que al entrar aire al motor de combustión, este tiene una presencia de 79 % de N<sub>2</sub>, masa que parcialmente reacciona con el O<sub>2</sub> del aire a las condiciones de alta temperatura del motor. Actualmente, los vehículos vienen equipados con catalizadores de gases de combustión, los que tiene catalizadores de Platino, Paladio y Rodio, los que catalizan la reacción de descomposición del NO<sub>2</sub> a Nitrógeno molecular y Oxígeno molecular. El uso de este dispositivo ha colaborado para que en países como en USA se disminuya las emisiones de los contaminantes primarios. En nuestra ciudad la ATM, dentro de la revisión técnica vehicular, verifica que las emisiones de los gases estudiados estén dentro de los rangos permitidos dependiendo del año y del tipo de vehículo con sus respectivas características mecánicas.

La generación de SO<sub>2</sub> depende de la calidad del combustible, en nuestro medio, se usa un diésel de 5,000 ppm de Azufre, que genera la formación de SO<sub>2</sub>, este combustible es el que usa los vehículos de transporte público, también hay vehículos ligeros que lo usan, pero en proporción menor.

### 2.1.3 Referentes Empíricos.

#### 2.1.3.1 Norma de Calidad de Aire Ambiente ó Nivel de Inmisión en el Ecuador.

Del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente, publicado en el Registro Oficial # 464 del Martes 7 de Junio de 2011, cuyo título es “Norma de Calidad Aire Ambiente de Inmisión”, que aparece en el Libro VI Anexo 4, se toman los valores de las normas de calidad para Dióxido de Azufre (SO<sub>2</sub>), Monóxido de Carbono (CO) y Dióxido de Nitrógeno (NO<sub>2</sub>). (Ministerio de Ambiente, Martes 7 de Junio del 2011.)

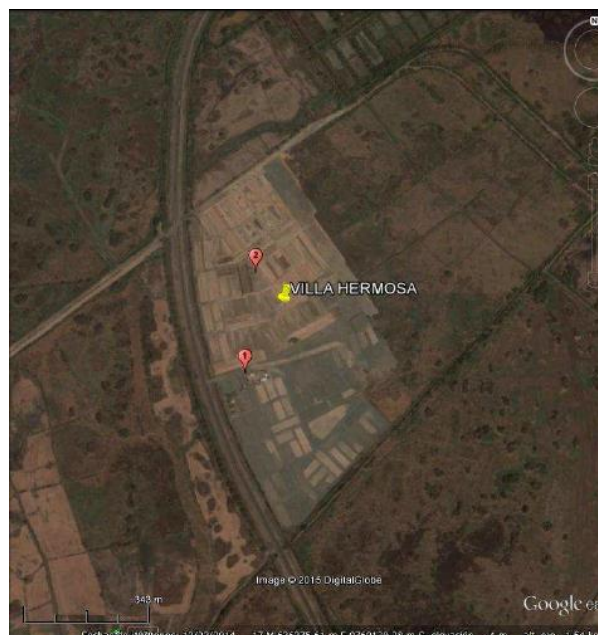
- **Monóxido de Carbono (CO).**- La concentración de Monóxido de Carbono de las muestras determinadas de forma continua, en un periodo de ocho horas, no deberá exceder 10 000 µg/m<sup>3</sup> no más de una vez al año. La concentración máxima en una hora de Monóxido de Carbono no deberá exceder 30 000 µg/m<sup>3</sup> no más de una vez al año. (Ministerio de Ambiente, Martes 7 de Junio del 2011.)
- **Dióxido de Azufre (SO<sub>2</sub>).**- La concentración de dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>) en 24 horas no deberá exceder 125 µg/m<sup>3</sup>, la concentración de este contaminante para un período de 10 minutos, no debe ser mayor a 500 µg/m<sup>3</sup>. El promedio aritmético de la concentración de SO<sub>2</sub> de todas las muestras en un año no deberá exceder de 60 µg/m<sup>3</sup>. (**Ministerio de Ambiente, Martes 7 de Junio del 2011.**)
- **Dióxido de Nitrógeno (NO<sub>2</sub>).**- El promedio aritmético de la concentración de Dióxido de Nitrógeno determinado en todas las muestras del año, no deberá exceder de 40 µg/m<sup>3</sup>. La concentración máxima en una hora no deberá exceder 200 µg/m<sup>3</sup>. (**Ministerio de Ambiente, Martes 7 de Junio del 2011.**)

## 2.2 Marco Metodológico.

Se ha realizado inicialmente una revisión profunda de la información relevante sobre el tema de estudio, para este fin se utilizó diferentes fuentes de información como son: bibliografías, estudios, artículos y sitios web mediante el internet, Se ha escogido dos puntos para la medición de emisiones de gases de combustión en la nueva zona urbana de Durán en donde se desarrolla el proyecto Villa Hermosa y el resultado obtenido por la medición de gases realizada se la evaluó con la Norma de Calidad de Aire Ambiente en el Ecuador.

Se establecen los valores de concentración de los tres contaminantes que deseamos estudiar (CO, SO<sub>2</sub> y NO<sub>2</sub>) los mismo que son emitidos por la combustión interna de los motores de los vehículos que circulan a lo largo de la Vía “El Enlace” y que monitorearemos en los dos puntos seleccionados previamente para dicho fin, el primer punto de monitoreo se realiza a 70 metros de la vía el enlace y el segundo punto de monitoreo e lo realiza aproximadamente a 300 m de la vía “El Enlace” en el km 3 de la vía en mención, tal como se aprecia en grafico # 8. Se realiza el monitoreo en los dos puntos indicados por un lapso de 24 horas iniciadas a las 10h00 am del Jueves 17 de Diciembre del 2015 y culminando dicho monitoreo el Viernes 18 de Diciembre del 2015 a la misma hora.

**Gráfico 8 Ubicación específica de los puntos de muestreo.**

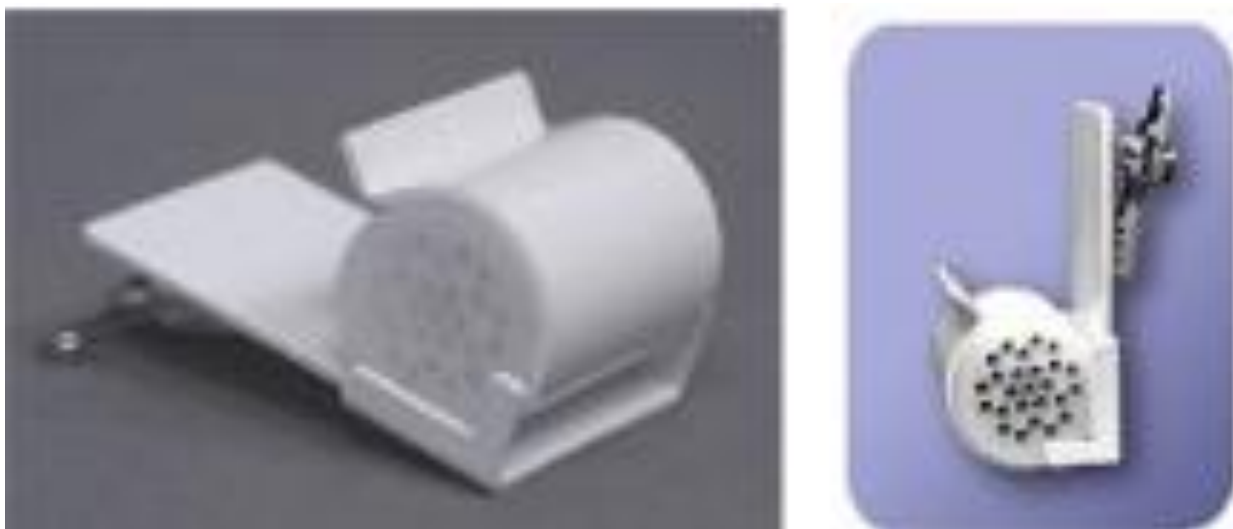


Paralelamente se realiza el conteo de los vehículos que circulan por la avenida principal “El Enlace” para relacionar los resultados obtenidos con el volumen de tránsito que lo ha generado y poder en el futuro realizar comparaciones con el aumento de tránsito y posible aumento de las emisiones de gases en estudio, estos tendrán dos categorías, automóviles y buses. Esta diferenciación se la hace por cuanto los primeros usan en mayor proporción gasolina y los segundos usan diésel como combustible. Y como queda definido estos combustibles tienen diferencias en su constitución química, siendo la principal la proporción de Azufre, la que es mayor en el diésel, lo que genera una mayor formación de SO<sub>2</sub> en términos específicos por su combustión con el oxígeno molecular del aire. Los gases medidos fueron: CO, SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>. Luego este valor se lo evalúa respecto los límites existentes la legislación pertinente (Ministerio de Ambiente, Martes 7 de Junio del 2011.)

#### **Método de medición Pasivo OGAWA para SO<sub>2</sub> y NO<sub>2</sub>.**

En 1991 Koutrakis et al (1993) desarrollan en la Universidad de Harvard, el captador pasivo para ozono Ogawa, basado en la impregnación de los filtros captadores con una solución de iones nitrito que al reaccionar con ozono se oxidan a ión nitrato, siendo estos determinados posteriormente por cromatografía iónica, y asociando la concentración resultante con la concentración de ozono que ha reaccionado en el filtro. La determinación por cromatografía iónica es totalmente selectiva y sin interferencias. El captador pasivo Ogawa consta de un cuerpo polimérico cilíndrico (de 2 cm de diámetro x 3 cm de longitud) y un broche dentado (4 x 3 cm). Tiene dos cavidades en los extremos del cilindro, cada una de las cuales custodia entre dos rejillas de acero inoxidable un filtro impregnado. Las cápsulas de difusión cubren y fijan los filtros y las rejillas.

**Figura 1**



**Captador pasivo Ogawa (19)**

**Figura 2**



**Partes del captador pasivo Ogawa (19)**

Previo al ensayo, el captador ensamblado debe ser sellado en una bolsa de plástico auto - cerrable dentro de una botella de poliestireno. Excepto durante la exposición en el muestreo, todos los captadores están contenidos en las bolsas de auto - cierre dentro de las botellas, refrigerados y en la oscuridad. Los captadores expuestos y los vacíos se ensamblan y desensamblan en una cámara hermética de manipulación, en la que se hace recircular en continuo nitrógeno seco libre de contaminantes.

Los filtros usados para medir ozono mediante este método están impregnados con una solución de nitrito sódico, carbonato potásico y glicerol, mientras que los filtros que miden NO<sub>2</sub> están impregnados de trietanolamina en una parte y de un reactivo propio de Ogawa para medir NO<sub>x</sub>. Los dos filtros impregnados de cada tubo para ambos casos, una vez empleados en el muestreo, son sometidos a un proceso de extracción por ultrasonidos con el objeto de proceder posteriormente a su análisis por cromatografía iónica. La concentración de nitrato obtenida se relaciona con los niveles de inmisión de ozono troposférico. Para el caso de los óxidos de nitrógeno, se determina la cantidad de nitrito extraído el cual se relaciona con los niveles de NO<sub>2</sub> en el aire ambiente (Cano).

### **Método de medición de tubos colorimétricos para CO.**

Los Tubos colorimétricos son para la medición y sondeo de gases y vapores, estos tubos permiten cuantificar rápida y económicamente una variedad de compuestos a través de una reacción química que se da específicamente con el compuesto a identificar, el cual produce un color característico que brinda una aproximación de la cantidad de compuesto existente en la medición. La selección de Tubos Colorimétricos ofrece la posibilidad de hacer mediciones puntuales de muchos gases y vapores, los cuales son de fácil lectura y proporcionan precisión sin necesidad de calibración. Los tubos colorimétricos son tubos de vidrio relleno de un material poroso (sólido granulado como gel de sílice u óxido de aluminio) impregnado de una sustancia química reactiva que da una mancha de una determinada coloración. La longitud de la mancha producida marca la concentración de contaminantes según el volumen de aire que ha circulado, estos son dispositivos de lectura directa. El aire contaminado circula a través del reactivo forzado por una bomba manual. Sobre una escala graduada impresa en el tubo de vidrio, se puede leer la concentración del contaminante, indicada por la longitud de la zona que ha cambiado de color (Burgos, 2012)

## Cuadro CDIU

<b>CATEGORIA</b>	<b>DIMENSIONES</b>	<b>INSTRUMENTOS</b>	<b>UNIDADES DE ANALISIS</b>
<b>FACTOR ADMINISTRATIVO</b>	Revisión a los vehículos previa matricula anual.	Evaluación técnica, mediciones convencionales	unidad de medida, $\mu\text{g}/\text{m}^3$
<b>FACTOR SOCIO CULTURAL</b>	Mantenimiento de vehículos usados. Uso de bicicletas como medio alternativo de transporte.	Estadística	Vehículos en la provincia del Guayas por año.
<b>FACTOR ECONOMICO</b>	Adquisición de vehículos nuevos y/o usados. Adquisición de vehículos con motores eléctricos o híbridos.	Estadística	Vehículos en la provincia del Guayas por año.

### 2.2.1 Categorías.

Hemos analizado el problema desde tres factores que se indican a continuación.

- El Factor Administrativo, de las ciudades de la provincia que deben de tener los mismos parámetros de calificación vehicular.
- El Factor Cultural, como parte de la solución al usar medios alternativos de transporte, como bicicletas además de crear una cultura de mantenimiento vehicular.
- El factor económico, que incide directamente en la adquisición de vehículos usados en lugar de los vehículos híbridos o eléctricos.

### 2.2.2 Dimensiones.

Las dimensiones usadas en las categorías analizadas fueron las siguientes:

- Revisión a los vehículos previa matricula anual.

- Mantenimiento de vehículos usados.
- Uso de bicicletas como medio alternativo de transporte.
- Adquisición de vehículos nuevos y/o usados.
- Adquisición de vehículos con motores eléctricos o híbridos.

### 2.2.3 Instrumentos.

- Los equipos usados para la medición de NO<sub>2</sub> y SO<sub>2</sub> tienen las siguientes características

#### **Filtros Pasivos.**

Principio:	Reacción química
Parámetros analizados:	NO <sub>2</sub> , SO <sub>2</sub>
Marca:	OGAWA
Códigos:	NO <sub>2</sub> : PS-134: 100957 SO <sub>2</sub> : PS-144: 010254

Culminada las 24 horas de muestreo se retiran los filtros pasivos OGAWA de cada uno de los dos puntos en los que realizamos la medición, siguiendo el protocolo debido, y son llevados a laboratorio donde son analizados por cromatografía iónica para la determinación de las concentraciones de cada compuesto.

- Los equipos usados para la medición de CO tienen las siguientes características

#### **Dositubos Pasivos.**

Principio:	Reacción química.
Parámetros analizados:	CO.
Marca:	GASTEC.
Modelo:	CO-1D
Fecha de expiración:	Febrero/2016
Estándares / Aprobaciones:	Los tubos de detección GASTEC han sido certificados por el Safety Equipment Institute (SEI) y la Occupational Safety and Health Administration (OSHA) de USA.



#### **2.2.4 Unidad de análisis.**

Para las mediciones usamos la unidad de medida,  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Además, la estadística existente y oficial realizada por el Instituto de Estadísticas y Censos INEC de la información referente y relevante del tema de estudio.

#### **2.2.5 Gestión de Datos.**

- **Medición de NO<sub>2</sub> y SO<sub>2</sub>**

El 17 de Diciembre del 2015 aproximadamente a las 10:00 de la mañana se realizó la instalación de los filtros Pasivos OGAWA, que consisten en cuerpos poliméricos cilíndricos donde se alojan filtros impregnados con reactivos, para determinar los valores de concentración de los gases emitidos por la combustión vehicular NO<sub>2</sub> y SO<sub>2</sub> en los dos sitios escogidos previamente de la vía “El Enlace” frente al Proyecto Villa Hermosa, cada equipo se lo instaló a una altura de 1.6 m sobre el nivel de piso ajustado el filtro a un poste metálico para alcanzar la altura necesaria e indicada. Estos Filtros permanecieron 24 horas en los lugares instalados para poder captar las concentraciones de los gases requeridos, paralelamente se realizó el conteo de tráfico vehicular discriminando en vehículos livianos y vehículos pesados, como ya se ha indicado por el tipo de combustible que estos utilizan siendo los vehículos pesados los que usan diésel como combustible el mismo que genera más gases de emisión SO<sub>2</sub> y NO<sub>2</sub>, que los vehículos livianos que usan gasolina para su combustión.

- **Medición de CO**

El 17 de Diciembre del 2015 aproximadamente a las 10:00 de la mañana se realizó la instalación de los tubos colorimétricos para la detección instantánea de Monóxido de Carbono (CO). Las graduaciones de los tubos permite el cálculo del promedio para el período de exposición específico, Los tubos colorimétricos son tubos de vidrio relleno de un material poroso (sólido granulado como gel de sílice u óxido de aluminio) impregnado de una sustancia química reactiva que da una mancha de una determinada coloración, para determinar los valores de concentración de los gases emitidos por la combustión vehicular CO<sub>2</sub> en los dos sitios escogidos previamente de la vía “El Enlace” frente al Proyecto Villa Hermosa, cada equipo se lo instaló a una altura de 1.6

m sobre el nivel de piso ajustado el filtro a un poste metálico para alcanzar la altura necesaria e indicada. Estos Filtros permanecieron 24 horas en los lugares instalados para poder captar las concentraciones de los gases requeridos. Los equipos usados para la medición de CO tienen las siguientes características

Las mediciones realizadas que se compararon, se evaluaron con relación a los límites de la normativa vigente para cada contaminante estudiado.

#### **2.2.6 Conteo del Tráfico vehicular.**

El número de vehículos circulando se tomó por conteo de uno en uno y se fue anotando en un formato entregado al personal designado para este fin. Se realizó el conteo discriminando vehículos pesados y vehículos livianos, también se realizó las anotaciones de los vehículos que se dirigían desde Guayaquil hacia la autopista Durán Boliche y viceversa. El conteo empezó a las 10H00 am del 17 de diciembre del 2015 y culminó el 18 de diciembre a las 11h00. Con la retirada de los equipos. Se realizaron las anotaciones de cada vehículo según su característica, entre pesado o liviano, que circulaba por la vía “El Enlace” en lapsos de una hora tal como muestra la tabla 4 A y B. En la tabla 4 A se puede apreciar que las horas con mayor tránsito son desde las 11h00 hasta las 19h00, el mismo que va disminuyendo paulatinamente desde las 19h00 hasta las 23h00, luego de la cual el tránsito disminuye considerablemente hasta las 04h00 en donde se empieza a activar nuevamente el tránsito, ver tablas 4 A y B.

Además, las estadísticas oficiales obtenidas del Instituto de Estadísticas y Censos INEC fueron analizadas y evaluadas en forma deductiva para obtener los resultados y soluciones propuestas.

#### **2.2.7 Criterios Éticos.**

##### **Filtros Pasivos.**

Códigos:	NO <sub>2</sub> : PS-134: 100957
	SO <sub>2</sub> : PS-144: 010254

## Dositubos Pasivos.

Estándares / Aprobaciones: Los tubos de detección GASTEC han sido certificados por el Safety Equipment Institute (SEI) y la Occupational Safety and Health Administration (OSHA) de USA.

### 2.2.8 Resultados.

- **Medición de NO<sub>2</sub> y SO<sub>2</sub>**

Las mediciones realizadas dieron los siguientes resultados para cada punto de muestra realizado.

#### **Primer punto PTO # 1 Lindero Sur. Ingreso principal**

Fecha: 17-18/dic/2015  
Hora: 10:00-11:02  
Temperatura ambiental: 28°C  
Presión Atmosférica: 758 mmHg

**Tabla 4: Resultados SO<sub>2</sub> y NO<sub>2</sub> Primer punto Pto. 1**

Parámetro	Concentración Promedio (µg/m <sup>3</sup> )	Nivel Máximo Permitido (Ministerio de Ambiente, Martes 7 de Junio del 2011.)
NO <sub>2</sub>	37.6	200 *
SO <sub>2</sub>	15.8	125 **

\* Concentración Máxima en 1 hora

\*\* Concentración Máxima en 24 horas

#### **Segundo punto PTO # 2 Lindero Norte. Club Social de Etapa # 1**

Fecha: 17-18/dic/2015  
Hora: 10:00-11:02  
Temperatura ambiental: 28°C

Presión Atmosférica: 758 mmHg

**Tabla 5: Resultados SO<sub>2</sub> y No<sub>2</sub> Segundo punto PTO # 2**

Parámetro	Concentración Promedio (µg/m <sup>3</sup> )	Nivel Máximo Permitido (Ministerio de Ambiente, Martes 7 de Junio del 2011.)
NO <sub>2</sub>	50.9	200 *
SO <sub>2</sub>	28.4	125 **

\* Concentración Máxima en 1 hora

\*\* Concentración Máxima en 24 horas.

- **Medición de CO**

**Primer punto PTO # 1 Lindero Sur. Ingreso principal**

Fecha: 17-18/dic/2015

Hora: 10:00-11:02

Temperatura ambiental: 28°C

Presión Atmosférica: 759 mmHg

**Tabla 6: Resultados CO Primer punto PTO # 1**

Parámetro	Concentración Promedio (µg/m <sup>3</sup> )	Nivel Máximo Permitido (Ministerio de Ambiente, Martes 7 de Junio del 2011.)
CO	<1172.80	10000

**Segundo punto PTO # 2 Lindero Norte. Club Social de Etapa # 1**

Fecha: 17-18/dic/2015

Hora: 10:00-11:02



Temperatura ambiental: 28°C

Presión Atmosférica: 759 mmHg



**Tabla 7: Resultados CO Segundo punto PTO # 2**

Parámetro	Concentración Promedio ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Nivel Máximo Permitido (Ministerio de Ambiente, Martes 7 de Junio del 2011.)
CO	<1386.2	10000

**Tabla 8 A Conteo de Tráfico Vía “El Enlace”.**



ESTACION:		Co1	DIA CONTEO:		17-dic-15
DIRECCION:		Via "El Enlace" ingreso principal a Villa Hermosa.	ESTADO DEL TIEMPO:		Nublado
HORA	RUTA	VEHICULOS LIVIANOS 	VEHICULOS PESADOS 	TOTAL	
10h00 11h00	DURÁN-BOLICHE	17	168	185	
10h00 11h00	EL PAN	2	50	52	
<b>TOTAL</b>		<b>19</b>	<b>218</b>	<b>237</b>	
11h00 12h00	DURÁN-BOLICHE	24	132	156	
11h00 12h00	EL PAN	25	144	169	
<b>TOTAL</b>		<b>49</b>	<b>276</b>	<b>325</b>	
12h00 13h00	DURÁN-BOLICHE	30	150	180	
12h00 13h00	EL PAN	24	144	168	
<b>TOTAL</b>		<b>54</b>	<b>294</b>	<b>348</b>	
13h00 14h00	DURÁN-BOLICHE	16	132	148	
13h00 14h00	EL PAN	18	114	132	
<b>TOTAL</b>		<b>34</b>	<b>246</b>	<b>280</b>	
14h00 15h00	DURÁN-BOLICHE	16	120	136	
14h00 15h00	EL PAN	14	150	164	
<b>TOTAL</b>		<b>30</b>	<b>270</b>	<b>300</b>	
15h00 16h00	DURÁN-BOLICHE	11	139	150	
15h00 16h00	EL PAN	14	156	170	
<b>TOTAL</b>		<b>25</b>	<b>295</b>	<b>320</b>	
16h00 17h00	DURÁN-BOLICHE	7	132	139	
16h00 17h00	EL PAN	8	168	176	
<b>TOTAL</b>		<b>15</b>	<b>300</b>	<b>315</b>	
17h00 18h00	DURÁN-BOLICHE	36	156	192	
17h00 18h00	EL PAN	30	156	186	
<b>TOTAL</b>		<b>66</b>	<b>312</b>	<b>378</b>	
18h00 19h00	DURÁN-BOLICHE	30	138	168	
18h00 19h00	EL PAN	30	138	168	
<b>TOTAL</b>		<b>60</b>	<b>276</b>	<b>336</b>	
19h00 20h00	DURÁN-BOLICHE	30	138	168	
19h00 20h00	EL PAN	30	132	162	
<b>TOTAL</b>		<b>60</b>	<b>270</b>	<b>330</b>	
20h00 21h00	DURÁN-BOLICHE	30	66	96	
20h00 21h00	EL PAN	24	90	114	
<b>TOTAL</b>		<b>54</b>	<b>156</b>	<b>210</b>	

**Tabla 8 B Conteo de Tráfico Vía “El Enlace”.**

ESTACION: Co1		DIA CONTEO: 17-dic-15		
DIRECCION: Via "El Enlace" ingreso principal a Villa Hermosa.		ESTADO DEL TIEMPO: Nublado		
HORA	RUTA	VEHICULOS LIVIANOS 	VEHICULOS PESADOS 	TOTAL
21h00 22h00	DURÁN-BOLICHE	24	90	114
21h00 22h00	EL PAN	24	84	108
<b>TOTAL</b>		<b>48</b>	<b>174</b>	<b>222</b>
22h00 23h00	DURÁN-BOLICHE	30	72	102
22h00 23h00	EL PAN	30	71	101
<b>TOTAL</b>		<b>60</b>	<b>143</b>	<b>203</b>
23h00 24h00	DURÁN-BOLICHE	1	54	55
23h00 24h00	EL PAN	12	66	78
<b>TOTAL</b>		<b>13</b>	<b>120</b>	<b>133</b>
24h00 1h00	DURÁN-BOLICHE	0	60	60
24h00 1h00	EL PAN	4	48	52
<b>TOTAL</b>		<b>4</b>	<b>108</b>	<b>112</b>
1h00 2h00	DURÁN-BOLICHE	0	48	48
1h00 2h00	EL PAN	2	48	50
<b>TOTAL</b>		<b>2</b>	<b>96</b>	<b>98</b>
2h00 3h00	DURÁN-BOLICHE	0	42	42
2h00 3h00	EL PAN	3	48	51
<b>TOTAL</b>		<b>3</b>	<b>90</b>	<b>93</b>
3h00 4h00	DURÁN-BOLICHE	0	48	48
3h00 4h00	EL PAN	1	42	43
<b>TOTAL</b>		<b>1</b>	<b>90</b>	<b>91</b>
4h00 5h00	DURÁN-BOLICHE	0	72	72
4h00 5h00	EL PAN	24	95	119
<b>TOTAL</b>		<b>24</b>	<b>167</b>	<b>191</b>
5h00 6h00	DURÁN-BOLICHE	0	30	30
5h00 6h00	EL PAN	24	102	126
<b>TOTAL</b>		<b>24</b>	<b>132</b>	<b>156</b>
6h00 7h00	DURÁN-BOLICHE	16	144	160
6h00 7h00	EL PAN	16	148	164
<b>TOTAL</b>		<b>32</b>	<b>292</b>	<b>324</b>
7h00 8h00	DURÁN-BOLICHE	20	114	134
7h00 8h00	EL PAN	16	108	124
<b>TOTAL</b>		<b>36</b>	<b>222</b>	<b>258</b>
8h00 9h00	DURÁN-BOLICHE	13	101	114
8h00 9h00	EL PAN	17	82	99
<b>TOTAL</b>		<b>30</b>	<b>183</b>	<b>213</b>

El resultado del conteo realizado nos dio un total de 5.811 vehículos que transitaron por la vía “El Enlace”, de los cuales aproximadamente el 50% de ellos se dirigieron desde la autopista Durán – Yaguachi hacia el Puente alterno Norte (PAN) y El 50%, se dirigió en el otro sentido, desde el PAN hacia la autopista Durán – Boliche, además se puede observar que aproximadamente el 86 % de los vehículos que transitan por esta vía son pesados, mientras que el 14 % restante son livianos y que el transito es muy parejo entre los vehículos que se transitan por la vía tanto lo que se dirigen en un sentido desde la autopista Durán – Boliche hacia el PAN y viceversa

**Tabla 9 Resumen del Conteo de Tráfico Vía “El Enlace”.**

ESTACION: Co1		DIA CONTEO: 17-dic-15			
DIRECCION: Via "El Enlace" ingreso principal a Villa Hermosa.		ESTADO DEL TIEMPO: Nublado			
HORA	RUTA	VEHICULOS LIVIANOS 	VEHICULOS PESADOS 	TOTAL	TOTAL EN %
17-dic-16 10h00	DURÁN-BOLICHE	359	2424	2783	49,27%
18-dic-16 10h00	EL PAN	410	2456	2866	50,73%
<b>TOTAL</b>		<b>769</b>	<b>4880</b>	<b>5649</b>	<b>100,00%</b>
<b>TOTAL EN %</b>		<b>13,61%</b>	<b>86,39%</b>	<b>100,00%</b>	

### **3 CAPITULO # 3**

#### **3.1 Solución Propuesta.**

Un gran porcentaje de vehículos se han desplazado a ciudades vecinas con el fin de evitar el control mecánico y de gases de emisión de combustión vehicular que está realizando actualmente la ATM de Guayaquil, por lo que recomendamos que el cabildo porteño realice alianzas y estrategias con los cantones de la provincia del guayas y, con ayuda de las autoridades competentes, se aplique esta misma revisión técnica vehicular de forma obligatoria en las demás provincias del Ecuador, para tener un control real sobre la emisiones de contaminantes que generan los vehículos que transitan en la república, recordemos que este problema es global y todos tenemos que juntar esfuerzos para solucionar esta problemática y no solo depende de las principales ciudades.

Además, el estado debe de dar facilidades a la importación de vehículos con motores eléctricos y vehículos con motores híbridos, estas facilidades pueden ser en forma de exoneración de impuestos, eliminación del impuesto verde a estos vehículos, plan de chatarrización para el incentivo de compra de vehículos con motor eléctrico o híbrido, etc. con la finalidad de aumentar la movilización de los ecuatorianos con la disminución de consumo de combustibles de origen fósil que emitan los contaminantes primarios que fueron analizados en el presente estudio y que son adversos para la salud pública.

Se recomienda incrementar el incentivo del uso de las bicicletas como medio de transporte interno de la ciudad.

### **3.2 Conclusiones y Recomendaciones:**

#### **Conclusiones.**

A continuación evaluaremos los resultados obtenidos con la Normativa o estándar de comparación es la del Registro Oficial N°464 del 07 de junio de 2011 y la Norma de Calidad de Aire Ambiente o Nivel de Inmisión. Libro VI, Anexo 4, Numeral 4.1.2.

#### **Para el NO<sub>2</sub>.**

Los resultados obtenidos en el muestreo realizado determina que los valores de las concentraciones promedios en una hora son de 37.6  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  y 50.9  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  en los puntos PTO # 1 y PTO # 2 respectivamente, dichos valores no superan los valores máximos permitidos por la norma, la que indica que la concentración máxima en una hora no deberá exceder de 200  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

#### **Para el SO<sub>2</sub>.**

Los resultados obtenidos en el muestreo realizado determina que los valores de las concentraciones promedios en veinticuatro horas son de 15.8  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  y 28.4  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  en los puntos PTO # 1 y PTO # 2 respectivamente, dichos valores no superan los valores máximos permitidos por la norma, la que indica que la concentración máxima en una hora no deberá exceder de 125  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

#### **Para el CO.**

Los resultados obtenidos en el muestreo realizado determina que los valores de las concentraciones promedios en una hora son de 1172.8  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  y 1386.2  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  en los puntos PTO # 1 y PTO # 2 respectivamente, dichos valores no superan los valores máximos permitidos por la norma, la que indica que la concentración máxima en una hora no deberá exceder de 10000  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Estos valores muestran que la concentración de estos contaminantes están aún en niveles mínimos en este sector de la ciudad, los valores de concentración de dichos contaminantes no superan los límites máximos permitidos por la normativa vigente pertinente (Ministerio de Ambiente, Martes 7 de Junio del 2011.) Podemos afirmar que unos de los motivos primordiales que mantienen bajos lo niveles de concentración de los contaminantes estudiados, son las características geográficas y meteorológicas de la ciudad, pues debido a ellas las concentraciones de los contaminantes estudiados son



dispersadas de manera natural a cada instante a pesar del tráfico, en su mayoría pesado, que transita frecuentemente por esta vía, dichas emisiones en este sector no se acumulan y se mantienen en valores no peligrosos para la salud.

Otro factor importante que favorece el resultado es el que la vía actualmente está subutilizada, pues esta vía diariamente recibe un tránsito de 5.649 vehículos de los cuales 769 son vehículos livianos, mientras que 4.880 son vehículos pesados, es decir, el 86 % del tráfico vehicular corresponde a vehículos pesados, cabe mencionar que desde las 6h00 hasta las 20h00 el tránsito que recibe es medio a alto, durante estas 13 horas del día transitan el 72 % de los vehículos, mientras en las horas restantes el tránsito es escaso con el 28 % del tráfico.

### **3.3 Recomendaciones.**

Como se ha indicado, un gran porcentaje de vehículos se han desplazado a ciudades vecinas con el fin de evitar el control mecánico y de gases de emisión de combustión vehicular que está realizando actualmente la ATM de Guayaquil, por lo que recomendamos que el cabildo porteño realice alianzas y estrategias con los cantones de la provincia del guayas y, con ayuda de las autoridades competentes, se aplique esta misma revisión técnica vehicular de forma obligatoria en las demás provincias del Ecuador, para tener un control real sobre la emisiones de contaminantes que generan los vehículos que transitan en la república, recordemos que este problema es global y todos tenemos que juntar esfuerzos para solucionar esta problemática y no solo depende de las principales ciudades.

Además, el estado debe de dar facilidades a la importación de vehículos con motores eléctricos y vehículos con motores híbridos, estas facilidades pueden ser en forma de exoneración de impuestos a estos vehículos, incremento de impuestos a los vehículos de motores que funcionan con combustibles fósiles, plan de chatarrización para el incentivo de compra de vehículos con motor eléctrico o híbrido, etc. con la finalidad de aumentar la movilización de los ecuatorianos con la disminución de consumo de combustibles de origen fósil que emitan los contaminantes primarios que fueron analizados en el presente estudio y que son adversos para la salud pública.

Otras medidas que ha tomado el gobierno es el incremento de octanaje de la gasolina económica desapareciendo la gasolina extra y reemplazándola por gasolina eco país, se recomienda incrementar el incentivo para consumo de combustibles, así como el incentivo del uso de las bicicletas como medio de transporte interno de la ciudad.

## 4 ANEXOS

## 5 Bibliografía

- Barriga, A. (Noviembre, 2008.). *Estudio de Impacto Ambiental del Plan Piloto de Formulación y Uso de Gasolina Extra con Etanol Anhidro en la ciudad de Guayaquil*. Guayaquil, Ecuador.: ESPOL-CEMA.
- Burgos, F. (2012). <http://es.slideshare.net/sebastian0259/tubos-colorimetricos>.
- Cano, V. E. (s.f.). <http://www.upv.es/upl/U0455035.pdf>. Castellón. : Universidad Jaume I.
- Capiello, A. (June, 2002.). *Modeling traffic flow emissions. Department of Civil and Environmental Engineering*. . Massachusetts : Massachusetts Institute of Technology. .
- Carter, W. P. (March, 1999). *Atmospheric Chemistry and Chemical Mechanisms. Environment Canada*. California,USA. : University of California, Riverside. .
- CELEC. (Abril, 2012). <http://www.celec.gob.ec/electroguayas/Enrique%20Garcia/Capitulo%203.pdf>. Guayas, Ecuador.: CEMA -ESPOL, CONELEC.
- INAMHI. (2014). <http://www.serviciometeorologico.gob.ec/>. Guayaquil, Ecuador.
- INEC. (2000). <http://www.ecuadorencifras.gob.ec/anuarios-de-transporte-2/>. Guayas, Ecuador.
- INEC. (2014). <http://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web->. Guayas, Ecuador.
- INOCAR. (2014). (7) <http://www.inocar.mil.ec/web/index.php/boletines/meteorologico>. Guayaquil, Ecuador.
- Ministerio de Ambiente. (Martes 7 de Junio del 2011.). *Texto Unificado de Legislación Ambiental, Libro VI, Anexo 4: De la Calidad Ambiental, RO N° 464,*. Quito, Ecuador.: TULA.
- Nevers, N. d. (1998). . *Ingeniería de Control de la Contaminación del Aire*. McGraw-Hill Interamericana editores, S. A. de C. V.
- Nevers., N. D. (1998). *Ingeniería de control de la contaminación del aire*. Mexico: McGraw – Hill.
- North, R. J. (December, 2006.). *Assessments of real-world pollutant emissions from a light-duty diesel vehicles. Department of Civil and Environmental Engineering*. London. United Kingdom.: Imperial College London,.
- ROMERO, G. A. (2013). *ESTUDIO DE LA CALIDAD DE AIRE EN SECTORES*. Guayaquil, Ecuador.

- Tyler, N. (2013). <https://prosperityfund.uniandes.edu.co/site/wp-content/uploads/Caracterizaci%C3%B3n-de-la-contaminaci%C3%B3n-atmosf%C3%A9rica-en-Colombia1.pdf>. Bogotá, Colombia: University College London – Universidad de los Andes.
- Wark, K. y. (2002.). *Contaminación del Aire, Origen y Control*. México, D. F.: Limusa, Noriega Editores.
- WHO. (2005). *Guía de calidad del aire de la OMS relativas al material Particulado, el ozono, el dióxido de nitrógeno y el dióxido de azufre. . OMS*. Ginebra, Suiza.
- WHO. (2009). <http://www.who.int/heli/en/>. Ginebra, Suiza.: Healthy and Environmental Linkages Policy Series.
- WHO. (2013). *Air Quality Guidelines. Global Update. Retrieved 2013 Marzo*. Ginebra, Suiza: from [http://www.euro.who.int/\\_\\_data/assets/pdf\\_file/0005/78638/E90038.pdf](http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0005/78638/E90038.pdf).
- wikipedia.org. (2015). [https://es.wikipedia.org/wiki/Clasificaci%C3%B3n\\_clim%C3%A1tica\\_de\\_K%C3%B6ppen](https://es.wikipedia.org/wiki/Clasificaci%C3%B3n_clim%C3%A1tica_de_K%C3%B6ppen). Argentina.: wikipedia.
- Yahaya., N. Z. (October, 2003. ). *Air Pollution from motor vehicles a Mathematics Model Analysis: Case study in Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies. Vol. 5, . Ipoh City, Perak, Malaysia*.

## 6 Lista de Tablas

- Tabla 1            Humedad Relativa Promedio en la Ciudad de Guayaquil
- Tabla 2            Heliofanía Mensual Promedio en Guayaquil
- Tabla 3            Temperatura Ambiente en Guayaquil.
- Tabla 4:           Resultados SO<sub>2</sub> y No<sub>2</sub> Primer punto Pto. 1
- Tabla 5:           Resultados SO<sub>2</sub> y No<sub>2</sub> Segundo punto PTO # 2
- Tabla 6:           Resultados CO Primer punto PTO # 1
- Tabla 7:           Resultados CO Segundo punto PTO # 2
- Tabla 8 A        Cuento de Tráfico Vía “El Enlace” entre la Autopistas Durán Yaguachi y la Durán Boliche.

Tabla 8 B      Conteo de Tráfico Vía “El Enlace” entre la Autopistas Durán Yaguachi y la Durán Boliche.

Tabla 9        Resumen del Conteo de Tráfico Vía “El Enlace” entre la Autopistas Durán Yaguachi y la Durán Boliche.

## **7 Lista de Gráficos.**

GRAFICO 1      Vehículos matriculados en el 2014.

GRAFICO 2      Vehículos matriculados por modelos y por provincias en el 2014.

GRAFICO 3      Vehículos matriculados según clase en el 2014.

GRAFICO 4      Vehículos matriculados por provincias en el 2000.

GRAFICO 5      Recorrido desde el puerto de Guayaquil hacia zona de Estudio.

GRAFICO 6      Frecuencia media de vientos en la ciudad de Guayaquil.

GRAFICO 7      Frecuencia de velocidades por direcciones de vientos.

GRAFICO 8      Ubicación específica de los puntos de muestreo.

## **8 Lista de Figuras.**

Figura 1        Captador pasivo Ogawa.

Figura 2        Partes del captador pasivo Ogawa.