



**UNIVERSIDAD UTE**

**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA E  
INDUSTRIAS**

**CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y MANEJO DE  
RIESGOS NATURALES**

**CUANTIFICACIÓN DE LAS EMISIONES DE GASES CRITERIO  
SEGÚN LA CUENTA ECONÓMICA-AMBIENTAL DEL ECUADOR  
A PARTIR DE FUENTES MÓVILES DURANTE EL PERÍODO  
2008-2017.**

**TRABAJO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO  
DE INGENIERO AMBIENTAL Y MANEJO DE RIESGOS NATURALES**

**GABRIEL ANDRES YÉPEZ ROSERO**

**DIRECTOR: FAUSTO RENÉ VITERI MOYA**

**Quito, 15 de Agosto 2020**

© Universidad UTE. 2020

Reservados todos los derechos de reproducción

# FORMULARIO DE REGISTRO BIBLIOGRÁFICO

## TRABAJO DE TITULACIÓN

DATOS DE CONTACTO	
CÉDULA DE IDENTIDAD:	0401489505
APELLIDO Y NOMBRES:	YÉPEZ ROSERO GABRIEL ANDRÉS
DIRECCIÓN:	AV. DE LA PRENSA Y FERNÁNDEZ SALVADOR
EMAIL:	gabo6.23.24@hotmail.com
TELÉFONO FIJO:	-
TELÉFONO MÓVIL:	0985636063

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	CUANTIFICACIÓN DE LAS EMISIONES DE GASES CRITERIO SEGÚN LA CUENTA ECONÓMICA-AMBIENTAL DEL ECUADOR A PARTIR DE FUENTES MÓVILES DURANTE EL PERÍODO 2008-2017.
AUTOR O AUTORES:	YÉPEZ ROSERO GABRIEL ANDRÉS
FECHA DE ENTREGA DEL PROYECTO DE TITULACIÓN:	15/08/2020
DIRECTOR DEL PROYECTO DE TITULACIÓN:	FAUSTO RENÉ VITERI MOYA
PROGRAMA	PREGRADO <input checked="" type="checkbox"/> POSGRADO <input type="checkbox"/>
TÍTULO POR EL QUE OPTA:	INGENIERO AMBIENTAL Y MANEJO DE RIESGOS NATURALES

## RESUMEN: Mínimo 250 palabras

La contaminación atmosférica por gases tipo criterio forma parte de la problemática ambiental desde hace varias décadas, por esta razón es necesario realizar inventarios y cuentas de emisiones de estos contaminantes que permitan encontrar las fuentes de emisiones más problemáticas, el presente trabajo se realizó con el objetivo de cuantificar las emisiones de gases criterio según la cuenta económico-ambiental del Ecuador a partir de fuentes móviles durante el período 2008-2017, se las clasificó por tipo de vehículo, combustible, sector económico y actividad económica, aplicando las metodologías de la IPCC TIER 1 y parte de la TIER 2 con factores de emisión propios del país para inventarios de emisiones. Se encontró que en el período 2008-2017 los vehículos a gasolina son los responsables del 71% de emisiones de estos contaminantes y el 21% restante pertenece a los vehículos a diésel, el año más crítico fue el 2008 donde se encontró mayor emisión, los vehículos más contaminantes fueron los vehículos particulares pertenecientes a los hogares. La actividad económica más contaminante resultó ser la actividad código CIU H del transporte y almacenamiento con un total de 1.056.740 toneladas de emisiones del 2008 al 2017. El monóxido de carbono CO ocupa el 77% del total de las emisiones en todo el período de análisis, seguido de los NO<sub>x</sub> con el 12%, y el restante entre COV, material particulado, SO<sub>2</sub> y NH<sub>3</sub>. En base a los resultados obtenidos se propone estrategias de reducción de emisiones contaminantes, como la mejora de la calidad de combustibles, renovación de parque automotor y actualización en la

	<p>aplicación de la normativa ambiental EURO. Como conclusión general se obtiene que los automotores del sector particular son los que emiten más gases criterio ya que se encuentran en mayor cantidad y por la calidad del combustible que se distribuye en el país.</p>
<p><b>PALABRAS CLAVES:</b></p>	<p><b>CONTAMINACIÓN, FACTORES DE EMISIÓN, PARQUE AUTOMOTOR, COMBUSTIBLE.</b></p>
<p><b>ABSTRACT:</b></p>	<p>Air pollution by criteria gases has been part of the environmental problem for several decades, for this reason it is necessary to carry out inventories and emission accounts of these pollutants to find the most problematic emission sources. The present work was carried out with the objective of quantifying the emissions of criteria gases according to the economic-environmental account of Ecuador from mobile sources during the period 2008-2017, they were classified by type of vehicle, fuel, economic sector and economic activity, applying the IPCC TIER 1 and part of TIER 2 methodologies with emission factors specific to the country for emission inventories. It was found that in the period 2008-2017 gasoline vehicles are responsible for 71% of emissions of these pollutants and the remaining 21% belong to diesel vehicles, the most critical year was 2008 where the highest emission was found, the Most polluting vehicles were private vehicles belonging to households. The most polluting economic activity turned out to be the transport and storage activity with a</p>

	<p>total of 1.056.740 tons of emissions from 2008 to 2017. Carbon monoxide CO occupies 77% of the total emissions in the entire analysis period, followed by NOx with 12%, and the remainder among VOCs, particulate matter, SO<sub>2</sub> and NH<sub>3</sub>. Based on the results obtained, strategies for reducing polluting emissions are proposed, such as improving the quality of fuels, renovating the vehicle fleet and updating the application of EURO environmental regulations. The motor vehicles in the particular sector are the ones that emit the most criteria gases since they are found in greater quantity and for the quality of the fuel that is distributed in the country.</p>
<p><b>KEYWORDS</b></p>	<p><b>POLLUTION, EMISSION FACTORS, VEHICLE FLEET, FUEL.</b></p>

Se autoriza la publicación de este Proyecto de Titulación en el Repositorio Digital de la Institución.




---

YÉPEZ ROSERO GABRIEL ANDRÉS

## DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, **YÉPEZ ROSERO GABRIEL ANDRÉS**, CI 0401489505 autor/a del trabajo de titulación: **CUANTIFICACIÓN DE LAS EMISIONES DE GASES CRITERIO SEGÚN LA CUENTA ECONÓMICA-AMBIENTAL DEL ECUADOR A PARTIR DE FUENTES MÓVILES DURANTE EL PERÍODO 2008-2017.** previo a la obtención del título de **INGENIERO AMBIENTAL Y MANEJO DE RIESGOS NATURALES** en la Universidad UTE.

1. Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las Instituciones de Educación Superior, de conformidad con el Artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de titulación de grado para que sea integrado al Sistema Nacional de información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.
2. Autorizo a la BIBLIOTECA de la Universidad UTE a tener una copia del referido trabajo de titulación de grado con el propósito de generar un Repositorio que democratice la información, respetando las políticas de propiedad intelectual vigentes.

Quito, 15 de Agosto del 2020



---

YÉPEZ ROSERO GABRIEL ANDRÉS  
0401489505

## CERTIFICACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de tutor, certifico que el presente trabajo de titulación que lleva por título **CUANTIFICACIÓN DE LAS EMISIONES DE GASES CRITERIO SEGÚN LA CUENTA ECONÓMICA-AMBIENTAL DEL ECUADOR A PARTIR DE FUENTES MÓVILES DURANTE EL PERÍODO 2008-2017** para aspirar al título de **INGENIERO AMBIENTAL Y MANEJO DE RIESGOS NATURALES** fue desarrollado por **YÉPEZ ROSERO GABRIEL ANDRÉS**, bajo mi dirección y supervisión, en la Facultad de Ciencias de la Ingeniería e Industrias; y que dicho trabajo cumple con las condiciones requeridas para ser sometido a las evaluación respectiva de acuerdo a la normativa interna de la Universidad UTE.



---

Fausto Viteri Moya

**DIRECTOR DEL TRABAJO**

C.I. 171956740



## DECLARACION JURAMENTADA DEL AUTOR

Yo, YÉPEZ ROSERO GABRIEL ANDRÉS, portador(a) de la cédula de identidad N° 0401489505, declaro que el trabajo aquí descrito es de mi autoría, que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en ese documento.

La Universidad UTE puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normativa institucional vigente.



---

YÉPEZ ROSERO GABRIEL ANDRÉS

0401489505

# ÍNDICE DE CONTENIDOS

	PÁGINA
<b>RESUMEN.....</b>	<b>1</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>2</b>
<b>1. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>3</b>
<b>2. METODOLOGÍA.....</b>	<b>9</b>
2.1. ANÁLISIS DE DATOS DE LA CANTIDAD DE EMISIONES DE GASES CRITERIO POR FUENTES MÓVILES DEL PARQUE AUTOMOTOR NACIONAL.....	9
2.2. DETERMINACIÓN DEL SECTOR ECONÓMICO CON MAYOR CANTIDAD DE EMISIONES DE GASES CRITERIO DEL PARQUE AUTOMOTOR NIVEL NACIONAL.....	12
2.3. PROPUESTA DE ESTRATEGIAS PARA LA DISMINUCIÓN DE LAS EMISIONES DE GASES CRITERIO DEL PARQUE AUTOMOTOR A NIVEL NACIONAL.....	14
<b>3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>15</b>
3.1. ANÁLISIS DE LOS DATOS DE LA CANTIDAD DE EMISIONES DE GASES CRITERIO POR FUENTES MÓVILES DEL PARQUE AUTOMOTOR NACIONAL.....	15
3.1.1. MONÓXIDO DE CARBONO CO.....	16
3.1.2. ÓXIDOS DE NITRÓGENO NOX.....	18
3.1.3. MATERIAL PARTICULADO PM <sub>10</sub> .....	20
3.1.4. MATERIAL PARTICULADO PM <sub>2.5</sub> .....	21
3.1.5. COMPUESTOS ORGÁNICOS VOLÁTILES (COV).....	22
3.1.6. DIÓXIDO DE AZUFRE SO <sub>2</sub> .....	24
3.1.7. AMONÍACO NH <sub>3</sub> .....	25
3.2. DETERMINACIÓN DEL SECTOR ECONÓMICO CON MAYOR CANTIDAD DE EMISIONES DE GASES CRITERIO DEL PARQUE AUTOMOTOR NIVEL NACIONAL.....	29
3.3. PROPUESTA DE ESTRATEGIAS PARA LA DISMINUCIÓN DE LAS EMISIONES DE GASES CRITERIO DEL PARQUE AUTOMOTOR A NIVEL NACIONAL.....	35

	<b>PÁGINA</b>
3.3.1. COMPARACIÓN ENTRE ECUADOR Y ESPAÑA.....	35
3.3.2. COMPARACIÓN ENTRE ECUADOR Y MÉXICO. ....	36
<b>4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>43</b>
4.1 CONCLUSIONES.....	43
4.2 RECOMENDACIONES .....	44
<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>43</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>45</b>

# ÍNDICE DE TABLAS

	<b>PÁGINA</b>
<b>Tabla 1.</b> Clasificación del Parque Automotor Nacional por Clase y tipo de Combustible. ....	9
<b>Tabla 2.</b> Factores de emisión de CO para vehículos a gasolina hasta el año 2000. ....	11
<b>Tabla 3.</b> Clasificación del parque automotor nacional entre los diferentes sectores de la economía. ....	13
<b>Tabla 4.</b> Total, de emisiones de gases criterio por año. ....	15
<b>Tabla 5.</b> Emisiones de CO en el año 2008. ....	17
<b>Tabla 6.</b> Emisiones de NOx en el año 2014. ....	19
<b>Tabla 7.</b> Emisiones de PM10 en el año 2014. ....	20
<b>Tabla 8.</b> Emisiones de PM <sub>2.5</sub> en el año 2014. ....	21
<b>Tabla 9.</b> Emisiones de COV en el año 2010. ....	23
<b>Tabla 10.</b> Emisiones de SO <sub>2</sub> en el año 2010. ....	24
<b>Tabla 11.</b> Emisiones de NH <sub>3</sub> en el año 2010. ....	26
<b>Tabla 12.</b> Extracto del parque automotor nacional 2008, vehículos particulares a gasolina vs vehículos de alquiler a diésel. ....	28
<b>Tabla 13.</b> Total, acumulado de emisiones por actividad económica y por año. ....	30
<b>Tabla 14.</b> Indicadores en toneladas de Ecuador y España más comparativa aumento o reducción. ....	35
<b>Tabla 15.</b> Indicadores en toneladas de Ecuador y México más comparativa aumento o reducción. ....	37

# ÍNDICE DE FIGURAS

	<b>PÁGINA</b>
<b>Figura 1.</b> Porcentaje de emisiones por promedio anual por contaminante. ....	16
<b>Figura 2.</b> Emisiones de CO toneladas/año. ....	18
<b>Figura 3.</b> Emisiones de NOx toneladas/año. ....	19
<b>Figura 4.</b> Emisiones de PM <sub>10</sub> toneladas/año. ....	21
<b>Figura 5.</b> Emisiones de PM <sub>2.5</sub> toneladas/año. ....	22
<b>Figura 6.</b> Emisiones de COV toneladas/año. ....	23
<b>Figura 7.</b> Emisiones de SO <sub>2</sub> toneladas/año. ....	25
<b>Figura 8.</b> Emisiones de NH <sub>3</sub> toneladas/año. ....	26
<b>Figura 9.</b> Emisiones de CO en toneladas, vehículos particulares a gasolina del año 2008. ....	27
<b>Figura 10.</b> Total acumulado anual en toneladas por actividad económica. ....	30
<b>Figura 11.</b> Diagrama de Pareto de emisiones por actividad económica del año 2008. ....	31
<b>Figura 12.</b> Diagrama de Pareto de emisiones por actividad económica del año 2017. ....	32
<b>Figura 13.</b> Diagrama de control de promedios de emisiones de las actividades económicas 2008-20017. ....	33
<b>Figura 14.</b> Diagrama de control de rangos de emisiones de las actividades económicas 2008-20017. ....	34
<b>Figura 15.</b> Comparativa de emisiones entre Ecuador y España en toneladas. .	36
<b>Figura 16.</b> Comparativa de emisiones entre Ecuador y México en toneladas. .	37

# ÍNDICE DE ANEXOS

	<b>PÁGINA</b>
<b>ANEXO 1.</b> CLASIFICACIÓN DEL PARQUE AUTOMOTOR Y CÁLCULOS.....	49
<b>ANEXO 2.</b> RECORRIDO PROMEDIO ANUAL (KM/VEHÍCULO).....	49
<b>ANEXO 3.</b> EMISIONES DE MONÓXIDO DE CARBONO (CO) POR AÑO Y POR SECTOR.....	50
<b>ANEXO 4.</b> EMISIONES DE ÓXIDOS DE NITRÓGENO (NO <sub>x</sub> ) POR AÑO Y POR SECTOR.....	55
<b>ANEXO 5.</b> EMISIONES DE MATERIAL PARTICULADO PM <sub>10</sub> POR AÑO Y POR SECTOR.....	60
<b>ANEXO 6.</b> EMISIONES DE MATERIAL PARTICULADO PM <sub>2.5</sub> POR AÑO Y POR SECTOR.....	65
<b>ANEXO 7.</b> EMISIONES DE COMPUESTOS ORGÁNICOS VOLÁTILES (COV) POR AÑO Y POR SECTOR.....	70
<b>ANEXO 8.</b> EMISIONES DE DIÓXIDO DE AZUFRE (SO <sub>2</sub> ) POR AÑO Y POR SECTOR.....	75
<b>ANEXO 9.</b> EMISIONES DE AMONÍACO (NH <sub>3</sub> ) POR AÑO Y POR SECTOR. ..	80
<b>ANEXO 10.</b> EMISIONES EN TONELADAS ACUMULADAS POR ACTIVIDAD ECONÓMICA SEGÚN LA CLASIFICACIÓN CIIU.....	85

## RESUMEN

La contaminación atmosférica por gases tipo criterio forma parte de la problemática ambiental desde hace varias décadas, por esta razón es necesario realizar inventarios y cuentas de emisiones de estos contaminantes que permitan encontrar las fuentes de emisiones más problemáticas, el presente trabajo se realizó con el objetivo de cuantificar las emisiones de gases criterio según la cuenta económico-ambiental del Ecuador a partir de fuentes móviles durante el período 2008-2017, se las clasificó por tipo de vehículo, combustible, sector económico y actividad económica, aplicando las metodologías de la IPCC TIER 1 y parte de la TIER 2 con factores de emisión propios del país para inventarios de emisiones. Se encontró que en el período 2008-2017 los vehículos a gasolina son los responsables del 71% de emisiones de estos contaminantes y el 21% restante pertenece a los vehículos a diésel, el año más crítico fue el 2008 donde se encontró mayor emisión, los vehículos más contaminantes fueron los vehículos particulares pertenecientes a los hogares. La actividad económica más contaminante resultó ser la actividad del transporte y almacenamiento con un total de 1.056.740 toneladas de emisiones del 2008 al 2017. El monóxido de carbono CO ocupa el 77% del total de las emisiones en todo el período de análisis, seguido de los NO<sub>x</sub> con el 12%, y el restante entre COV, material particulado, SO<sub>2</sub> y NH<sub>3</sub>. En base a los resultados obtenidos se propone estrategias de reducción de emisiones contaminantes, como la mejora de la calidad de combustibles, renovación de parque automotor y actualización en la aplicación de la normativa ambiental EURO. Los automotores del sector particular son los que emiten más gases criterio ya que se encuentran en mayor cantidad y por la calidad del combustible que se distribuye en el país.

**Palabras clave:** Contaminación, factores de emisión, parque automotor, combustible.

## ABSTRACT

Air pollution by criteria gases has been part of the environmental problem for several decades, for this reason it is necessary to carry out inventories and emission accounts of these pollutants to find the most problematic emission sources. The present work was carried out with the objective of quantifying the emissions of criteria gases according to the economic-environmental account of Ecuador from mobile sources during the period 2008-2017, they were classified by type of vehicle, fuel, economic sector and economic activity, applying the IPCC TIER 1 and part of TIER 2 methodologies with emission factors specific to the country for emission inventories. It was found that in the period 2008-2017 gasoline vehicles are responsible for 71% of emissions of these pollutants and the remaining 21% belong to diesel vehicles, the most critical year was 2008 where the highest emission was found, the Most polluting vehicles were private vehicles belonging to households. The most polluting economic activity turned out to be the transport and storage activity with a total of 1.056.740 tons of emissions from 2008 to 2017. Carbon monoxide CO occupies 77% of the total emissions in the entire analysis period, followed by NO<sub>x</sub> with 12%, and the remainder among VOCs, particulate matter, SO<sub>2</sub> and NH<sub>3</sub>. Based on the results obtained, strategies for reducing polluting emissions are proposed, such as improving the quality of fuels, renovating the vehicle fleet and updating the application of EURO environmental regulations. The motor vehicles in the particular sector are the ones that emit the most criteria gases since they are found in greater quantity and for the quality of the fuel that is distributed in the country.

**Keywords:** Pollution, emission factors, vehicle fleet, fuel.



## **1. INTRODUCCIÓN**

# 1. INTRODUCCIÓN

La contaminación atmosférica es una de las problemáticas ambientales que ha causado mayor impacto y conflicto en el planeta Tierra, la contaminación de la atmósfera es responsable de graves alteraciones en el funcionamiento normal del ambiente, la salud de la población y ahora también del desarrollo económico, ya que el excesivo consumo de bienes a nivel mundial aumenta exponencialmente año tras año, por lo tanto, existe mayor número de residuos que son liberados al ambiente (Herrera, 2007).

Las diferentes actividades económicas en todo el mundo generan flujos al medio ambiente, estos flujos son provocados por actores de la economía y se manifiestan en el uso y movimiento de materiales, agua y energía que requieren los diferentes sectores de la producción, servicios y al uso cotidiano de diferentes bienes que nos permiten desarrollar nuestras actividades con normalidad día tras día (Naciones Unidas, 2013).

Las emisiones a la atmósfera forman parte de los flujos generados al medio ambiente y a su vez forman parte de un grave problema de contaminación a nivel mundial, las emisiones pueden provenir de diferentes fuentes; Fijas, móviles y de área (Ministerio de Ambiente del Ecuador, 2016; Sistema de Contabilidad Ambiental Nacional, 2012).

La contaminación del aire es responsable también de afectar gravemente el estado de salud de una población, especialmente si el tiempo de exposición es prolongado, generalmente las personas más afectadas suelen ser adultos mayores y los niños de temprana edad, los principales efectos sobre la salud que esta problemática puede causar son; cáncer de pulmón, asma, irritación ocular, cefaleas, asma, sequedad en la garganta, disminución en la función respiratoria, bronquitis y varias enfermedades relacionadas con el sistema respiratorio, por esta razón es necesario encontrar las causas de esta problemática y proponer y ejecutar estrategias que disminuyan tanto el impacto sobre el medio ambiente y sobre la salud de la población ya que es una obligación del estado proteger la salud de los individuos y garantizar un ambiente sano. (Palacios Espinoza & Espinoza Molina, 2014) La contaminación del aire es la responsable de aproximadamente 3.5 millones de muertes al año en todo el mundo, esto como consecuencia a largo plazo de los problemas en la población que puede ocasionar (Vega et al., 2015).

Una de las principales causas de las emisiones de diferentes contaminantes son la quema de combustibles fósiles, principalmente asociadas a la movilidad de la población en las ciudades. Si bien es cierto en la actualidad se han planteado

diferentes alternativas de movilidad mucho más amigables con el medio ambiente y mucho más sostenibles como medios automotrices híbridos y eléctricos, es evidente de que la mayor parte de la movilidad se ve constituida por unidades que utilizan en su totalidad los combustibles fósiles. Los contaminantes emitidos por la quema de combustibles fósiles pueden tener un diferente comportamiento dependiendo no solamente de la composición química de este, sino también del lugar donde se libera, sus condiciones físicas y meteorológicas (Tyler, 2013).

En su estado natural, el aire ambiente está constituido por lo menos por 20% de oxígeno, 79% de hidrógeno y 1% de dióxido de carbono y de proporciones variables de gases inertes, vapor de agua, en relación volumétrica, pero esta composición “normal” se ve alterada principalmente en las grandes ciudades donde existen un gran número de vehículos. La composición del aire se ve alterada por diferentes tipos de gases, sustancias químicas y partículas que afectan tanto al medio ambiente como a la población (Secretaría de Ambiente del Distrito Metropolitano de Quito, 2011).

Si bien es cierto en el Ecuador y gran parte de América Latina la normativa de emisiones tanto de contaminantes criterio como de efecto invernadero está muy por debajo de las regulaciones de Europa, La normativa EURO es la legislación establecida por la Unión Europea que se estableció para reducir las emisiones contaminantes de los automotores desde el año 1988 con el nacimiento de la EURO 0 hasta llegar a la EURO 6 siendo la que se aplica actualmente en dicho continente y con miras a la nueva EURO 7, cada una siendo mucho más exigente que la anterior con el objetivo de reducir las emisiones contaminantes liberadas al aire. En el Ecuador únicamente se ha llegado a la aplicación de la EURO 3, por lo tanto, el país se encuentra muy rezagado en cuanto a restricciones y regulación de la calidad del aire, esto se debe, no únicamente a los fabricantes de vehículos que funcionan en el país sino, también al uso del usuario y a la calidad del combustible utilizado que tampoco es de la mejor calidad en el mercado. Para que el país pueda ascender a una normativa más exigente y más restrictiva en cuanto a emisiones como la normativa EURO 5 es crucial una mejora en el combustible, en el Ecuador, tanto el diésel como la gasolina no cumplen los estándares necesarios para una normativa EURO 5 por su composición, un claro ejemplo se observa en el diésel que se distribuye en el país: Para que se pueda aplicar la norma EURO 5 se necesita un diésel que tenga menos de 50 ppm de azufre, mientras que en el país el contenido de azufre es de 110 ppm (Ortiz, 2014; Secretaría de Ambiente del Distrito Metropolitano de Quito, 2012a).

Caso similar ocurre con la gasolina, tanto la gasolina extra como la súper no cuenta con los requerimientos necesarios para que se aplique una normativa de

emisiones contaminantes mucho más restrictiva, encontrando máximo 93 octanos y niveles de azufre en muchos casos que son superiores a los 452 ppm (INEN, 2013).

En Ecuador existe la norma técnica destinada a los combustibles que se expenden por todo el País, encargada de establecer los requisitos que debe cumplir cada combustible, tanto la gasolina extra, súper y diésel. Los requisitos para cada combustible son menos restrictivos que en otros países de la región y de Europa, se lo puede constatar tanto en la cantidad permisible de azufre, aromáticos, benceno, plomo, entre otros, compuestos de los que dependerá mucho la cantidad de contaminante liberada por cada automotor (Secretaría de Ambiente del Distrito Metropolitano de Quito, 2012b).

Existen varios estudios donde se habla sobre una posible combinación de diésel y biodiesel para mejorar la calidad de los combustibles, y está comprobado que estas combinaciones reducen las emisiones tanto de CO<sub>2</sub> y de SO<sub>2</sub>, por lo tanto, el uso de biocombustibles puede ser una opción para mejorar la calidad de los combustibles en el Ecuador y en consecuencia disminuir las emisiones contaminantes (Carvajal Chávez et al., 2017).

El presente trabajo está enfocado en la contabilización y análisis de gases tipo criterio que son emitidas por todos los automotores del país, la determinación de qué sectores son los de mayor aporte al total de emisiones y qué gases criterio son de mayor relevancia en toda la contabilización, esto se realiza en base a la cuenta piloto de emisiones al aire realizada por el Ministerio del Ambiente, con el objetivo de contribuir a la autoridad ambiental nacional a la toma de decisiones y medidas para la reducción de contaminación atmosférica en el Ecuador. Las cuentas de emisiones al aire son elaboradas con el objetivo de hacer una estimación de la cantidad de gases criterio liberadas a la atmósfera que son producto de actividades económicas, a estas emisiones se las ha definido como sustancias gaseosas y particuladas que alteran el aire ambiente (Ministerio de Ambiente del Ecuador, 2016a).

Los contaminantes criterio son contaminantes que se les ha normado un cierto límite máximo de concentración en el aire ambiente ya que pueden afectar la salud de la población y medio ambiente, estos contaminantes son: Monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno, dióxido de azufre, material particulado (PM<sub>10</sub> y PM<sub>2.5</sub>), plomo y ozono (Centro Internacional de Agricultura Tropical, Alcaldía de Santiago de Cali, DAGMA, 2015; Eugenia et al., 2004).

Cabe aclarar que en el presente estudio no se calcularán las emisiones tanto de ozono ni de plomo, ya que el país no cuenta con los factores de emisión necesarios para dicho cálculo, pero sí de los restantes de los anteriormente

nombrados y adicionalmente se calcula compuestos orgánicos volátiles diferentes del metano (COV) y el amoniaco (NH<sub>3</sub>).

Las fuentes móviles se definen como todas aquellas unidades motrices que sirven como medio de transporte y generan emisiones contaminantes, incluyen a las unidades terrestres que circulan en el país de acuerdo a su uso a esto se denomina “Parque Automotor Nacional” que a su vez se clasifica en los sectores: Particulares, Alquiler, Estado, Gobiernos Seccionales, Municipal y Otros (de acuerdo a la clasificación realizada por el Instituto Nacional de Estadística y Censos y La Agencia Nacional de Transito). Cada uno de los sectores mencionados cuenta con diferentes tipos de vehículos; Automóvil, autobús, camión, camioneta, furgoneta, jeep, motocicleta, tanquero, tráiler, volqueta y otros. La categoría “otros” comprende a maquinaria agrícola, industrial y de construcción, se debe aclarar que para esta categoría es muy complejo encontrar factores de emisión por su variación tanto en el tipo de motor, cilindraje y combustible, por lo que no se tomó en cuenta para el cálculo (INEC, 2017).

Toda esta clasificación vehicular se realiza también en base al tipo de combustible utilizado (Gasolina o Diésel), no se tomará en cuenta para el cálculo los vehículos híbridos, ya que las eficiencias y consumos de este tipo de automotores es muy diferente a la de un vehículo que cuenta solo con motor de combustión interna, por esta misma razón es mucho más complejo obtener información acertada sobre factores de emisión. Una vez clasificado cada vehículo en todas las categorías ya mencionadas se procede a extraer un coeficiente técnico que permite determinar la cantidad de activos en vehículos que posee cada actividad económica del Ecuador, esto se logra gracias a los balances y estados financieros proporcionados por la Súper Intendencia de Compañías Valores y Seguros (SUPERCIAS, 2017).

El Sistema de Contabilidad Ambiental Nacional en la cuenta de emisiones realizada en el período 2008-2011 encontró que las fuentes móviles fueron las principales fuentes contaminantes, superando notablemente a las fuentes fijas y a las fuentes de área, gracias a esta estimación, se puede realizar una comparación y análisis del comportamiento de la contaminación de los vehículos en años posteriores y con un cálculo un tanto más preciso, por lo tanto en el presente trabajo se tendrá una estimación de emisiones un tanto más apegada a la realidad, todos los ensayos y estimaciones realizadas coinciden que la actividad del transporte y almacenamiento es la principal fuente problema de contaminación atmosférica (Sistema de Contabilidad Ambiental Nacional, 2012b).

Existen varios tipos de emisiones en los automotores, que están distribuidas por procesos diferentes que efectúa el vehículo, entre estas podemos encontrar:

Emisiones Evaporativas del motor caliente que se manifiestan cuando el motor está apagado por la volatilización del combustible en el sistema de alimentación, las emisiones evaporativas de operación que se dan por fugas de combustible en estado líquido o gaseoso cuando el motor está en funcionamiento, emisiones evaporativas en el abastecimiento de combustible, emisiones diurnas causadas por el aumento de temperatura en el combustible y la presión de vapor causadas al aumentar la temperatura ambiente, emisiones evaporativas en reposo que se presentan cuando el motor no está funcionando gracias a las fugas de combustible y a la permeación de vapor en las líneas de alimentación. En el presente trabajo se realizará el cálculo de emisiones del escape que son las resultantes de la combustión y son las más consideradas a nivel de contabilización e inventario de emisiones y fuentes móviles (Herrera Murillo et al., 2012).

El cálculo de emisiones de los automotores tiene cierto grado de complejidad por todas las diversas clasificaciones ya mencionadas, adicional a esto, se debe tomar en cuenta el tipo de metodología para la estimación de emisiones según la guía del Panel Intergubernamental de Cambio Climático IPCC de inventarios de emisiones en el apartado del transporte. Para el presente trabajo se aplicó la metodología Tier 1 como Tier 2; La Tier 1 sostiene que se aplican factores de emisión promedio, por tipo de combustible utilizado y por tipo de vehículo, aplicando una relación lineal entre el factor de actividad (Kilometraje recorrido por el vehículo y el factor de emisión), mientras que la metodología Tier 2 utiliza prácticamente el mismo kilometraje recorrido por cada vehículo, pero con factores de emisión propios y desarrollados en cada país en base a sus condiciones y procesos, calidad de combustibles y demás partes involucradas a la movilidad, geografía y climatología. Los factores en este caso son extraídos tanto de la Secretaría de Movilidad del Distrito Metropolitano de Quito y también del Inventario de Emisiones Contaminantes de la Zona Metropolitana del Valle de México. Para futuros inventarios se aspira a que se dé el ascenso a una metodología totalmente Tier 2 donde se utilicen factores de emisión desarrollados en el Ecuador y sus condiciones específicas (Secretaría de Ambiente del Distrito Metropolitano de Quito, 2014).

También existe la metodología Tier 3 siendo la última y más completa según la guía de la IPCC, este nivel es considerado el más demandante en cuanto a la estimación de emisiones ya que requiere mayor información y modelos mucho más sofisticados en cuanto al comportamiento vehicular, también incluye registros de transferencia y comercio de emisiones. El Ecuador no cuenta todavía con la tecnología suficiente como para desarrollar una metodología de este nivel, por lo tanto, se procede a utilizar en su mayoría la metodología de estimación Tier 1 y parcialmente la Tier 2 ya que tampoco se cuenta con los insumos

necesarios para determinar todos los factores de emisión necesarios y específicos a las condiciones del país (Gaitán & Cárdenas, 2017; Simon Eggleston, Leandro Buendia, 2006).

Es pertinente mencionar que este trabajo es la segunda cuantificación oficial de emisiones de gases criterio de fuentes móviles a nivel nacional realizado conjuntamente con el Ministerio de Ambiente Ecuador, previamente a este trabajo se había realizado una cuenta piloto de emisiones de contaminantes criterio con una clasificación vehicular menos desagregada y factores de emisión no tan específicos para cada categoría de vehículo.

La contabilización de emisiones, sea de fuentes fijas, móviles, o de área, son base para encontrar donde radican los puntos más problemáticos de contaminación y luego combatirlos mediante planes, estrategias y políticas públicas que contribuyan a un ambiente más limpio, permite buscar alternativas mucho más limpias y sustentables que generen el menor impacto ambiental posible, las políticas públicas en el ámbito ambiental buscan reducir efectos negativos aplicando regulaciones o por medio de incentivos (Almeida Maria, 2014).

El objetivo general de este trabajo fue cuantificar las emisiones de gases criterio según la cuenta económico-ambiental del Ecuador a partir de fuentes móviles durante el período 2008-2017, y a su vez teniendo como objetivos específicos: 1) Analizar los datos de la cantidad de emisiones de gases criterio por fuentes móviles del parque automotor nacional, 2) Determinar el sector económico con mayor cantidad de emisiones de gases criterio del parque automotor nivel nacional, 3) Proponer estrategias para la disminución de las emisiones de gases criterio del parque automotor a nivel nacional.

## **2. METODOLOGÍA**



## 2. METODOLOGÍA

### 2.1. ANÁLISIS DE DATOS DE LA CANTIDAD DE EMISIONES DE GASES CRITERIO POR FUENTES MÓVILES DEL PARQUE AUTOMOTOR NACIONAL.

Para la recolección de los datos, se procedió a solicitar los mismos a las entidades pertinentes y encargadas de las estadísticas del Parque Automotor Nacional; El Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC) proporcionó las bases de datos de los vehículos matriculados por año asumiendo que todos los vehículos matriculados se encuentran en circulación, del periodo 2008-2017, los mismos que fueron clasificados por sector (particulares, de servicio, de estado) por clase (automóvil, autobús, camión, camioneta, furgoneta de carga, furgoneta de pasajeros, jeep, motocicleta, tanquero, tráiler, volqueta y otros) y por tipo de combustible (gasolina, diésel). (INEC, 2017) La Tabla 1 muestra la clasificación del parque automotor nacional, por tipo de combustible y por clase de vehículo.

**Tabla 1.** Clasificación del Parque Automotor Nacional por Clase y tipo de Combustible.

GASOLINA	Automóvil
	Autobús
	Camión
	Camioneta
	Furgoneta Carga
	Furgoneta Pasajeros
	Jeep
	Motocicleta
	Tanquero
	Tráiler
	Volqueta
	Otros
	DIÉSEL
Autobús	
Camión	
Camioneta	
Furgoneta Carga	
Furgoneta Pasajeros	
Jeep	
Motocicleta	
Tanquero	
Tráiler	
Volqueta	
Otros	

**Nota:** La clasificación sectorial (Particular, de servicio, estado) incluye cada categoría de la Tabla 1. (INEC, 2017)

Antes de llevar a cabo el cálculo total de emisiones, se debe conocer el kilometraje recorrido por tipo de vehículo, el mismo que será calculado con el kilometraje anual promedio obtenido por el Observatorio de Movilidad de Quito (Observatorio de Movilidad de Quito, 2011) y del Ministerio del Ambiente (Ministerio de Ambiente del Ecuador, 2016b) se lo calculará con la fórmula:

$$KRP = \sum (PAM_{tj} \times KRPA_{tj}) \quad [1]$$

Dónde:

KRP = Kilometraje recorrido por el total de vehículos matriculados

PAM = Cantidad de autos en circulación por año modelo y por tipo de vehículo

KRPA = Kilometraje recorrido promedio anual por tipo de vehículo

t= Año específico

j= Tipo de vehículo

Una vez obtenido el kilometraje recorrido por el total de vehículos se procederá al calcular las emisiones de cada gas criterio con la fórmula:

$$EC = \sum (KRP_{tj} \times FC) \quad [2]$$

Dónde:

EC = Emisiones contaminantes de las fuentes móviles

KRP = Kilometraje recorrido por el total de vehículos matriculados

FC = Factores de contaminación por año modelo, tipo de vehículo y combustible empleado.

t= Año específico

j= Tipo de vehículo

Por otra parte, los factores de emisión por los gases considerados y por el tipo de combustible, en este sentido se han considerado utilizar los factores de emisión de la Secretaría de Movilidad de Quito y del Inventario de Emisiones de la Zona Metropolitana del Valle de México. (Mancera et al., 2012; Secretaría de Ambiente del Distrito Metropolitano de Quito, 2014) Estos factores varían dependiendo del año de fabricación del vehículo, por su tipo, por el contaminante criterio y por el tipo de combustible que utiliza cada uno. La Tabla 2 muestra únicamente un extracto de los factores de emisión utilizados para el cálculo de monóxido de carbono (CO) de los vehículos a gasolina. En el Anexo 1 se encuentran todos los factores de emisión por gas, tipo de combustible y vehículo.

**Tabla 2.** Factores de emisión en g/km de CO para vehículos a gasolina hasta el año 2000.

Año/Modelo	GASOLINA										
	Automóvil	Autobús	Camión	Camioneta	Furgoneta C	Furgoneta P	Jeep	Motocicleta	Tanquero	Tráiler	Volqueta
<1979	39,6	108,1	162,44	48,2	59,4	59,4	49,89	33,239	140,33	140,33	162,44
1980	39,6	108,1	162,44	48,2	59,4	59,4	49,89	33,239	140,33	140,33	162,44
1981	39,6	108,1	162,44	48,2	59,4	59,4	49,89	33,239	140,33	140,33	162,44
1982	39,6	108,1	162,44	48,2	59,4	59,4	49,89	33,239	140,33	140,33	162,44
1983	39,6	108,1	162,44	48,2	59,4	59,4	49,89	33,239	140,33	140,33	162,44
1984	39,6	108,1	162,44	48,2	59,4	59,4	49,89	33,239	140,33	140,33	162,44
1985	39,6	108,1	162,44	48,2	59,4	59,4	49,89	33,239	140,33	140,33	162,44
1986	39,6	108,1	162,44	48,2	59,4	59,4	49,89	33,239	140,33	140,33	162,44
1987	39,6	108,1	162,44	48,2	59,4	59,4	49,89	33,239	140,33	140,33	162,44
1988	39,6	108,1	162,44	48,2	59,4	59,4	49,89	33,239	140,33	140,33	162,44
1989	39,6	108,1	139,06	48,2	59,4	59,4	29,5	33,239	77,84	77,84	139,06
1990	31,4	108,1	105,06	48,2	59,4	59,4	26,66	33,239	77,84	77,84	105,06
1991	31,4	108,1	76,71	48,2	59,4	59,4	24,94	33,239	77,84	77,84	76,71
1992	31,4	108,1	76,23	48,2	59,4	59,4	22,46	33,239	77,84	77,84	76,23
1993	31,4	108,1	45,86	48,2	59,4	59,4	21	33,239	45,18	45,18	45,86
1994	23,7	108,1	45,15	48,2	59,4	59,4	20,23	33,239	44,05	44,05	45,15
1995	23,7	108,1	44,46	48,2	59,4	59,4	19,39	32,906	42,82	42,82	44,46
1996	23,7	108,1	43,75	11,7	59,4	59,4	18,83	32,447	41,69	41,69	43,75
1997	23,7	108,1	42,9	11,7	59,4	59,4	18,35	31,987	40,58	40,58	42,9
1998	23,7	108,1	41,83	11,7	59,4	59,4	17,85	31,386	39,37	39,37	41,83
1999	23,7	108,1	40,76	11,7	59,4	59,4	17,43	30,785	38,22	38,22	40,76
2000	2,919	101,722	39,7	11,01	54,185	54,185	17,03	30,11	37,19	37,19	39,7
2001	2,646	93,33	38,63	10,102	49,119	49,119	16,58	29,359	36,18	36,18	38,63
2002	2,291	81,225	37,57	8,792	42,532	42,532	16,15	28,546	35,23	35,23	37,57
2003	1,79	64,793	36,51	7,013	33,235	33,235	15,28	27,678	34,37	34,37	36,51
<b>Promedio hasta 2003</b>	28,521	104,446	99,143	36,1246	57,058	57,058	32,023	32,281	85,981	85,981	99,143
2004	1,411	52,981	35,44	5,735	26,206	26,206	13,6	26,753	34,37	34,37	35,44
2005	1,411	52,981	34,36	5,735	26,206	26,206	13,03	26,753	34,37	34,37	34,36
2006	1,411	52,981	33,27	5,735	26,206	26,206	12,4	25,65	29,85	29,85	33,27
2007	1,411	52,981	32,3	5,735	26,206	26,206	11,8	23,91	29,85	29,85	32,3
2008	1,411	52,981	31,34	5,735	26,206	26,206	11,18	22,16	29,85	29,85	31,34
2009	1,411	52,981	30,32	5,735	26,206	26,206	10,55	20,42	29,85	29,85	30,32
2010	1,411	52,981	29,16	5,735	26,206	26,206	9,94	18,67	29,85	29,85	29,16
2011	1,411	52,981	28,34	5,735	26,206	26,206	9,61	16,93	29,85	29,85	28,34
2012	1,411	52,981	27,76	5,735	26,206	26,206	9,1	15,62	29,85	29,85	27,76
2013	1,411	52,981	27,76	5,735	26,206	26,206	9,1	15,62	29,85	29,85	27,76
2014	1,411	52,981	27,76	5,735	26,206	26,206	9,1	15,62	29,85	29,85	27,76
2015	1,411	52,981	27,76	5,735	26,206	26,206	9,1	15,62	29,85	29,85	27,76
2016	1,411	52,981	27,76	5,735	26,206	26,206	9,1	15,62	29,85	29,85	27,76
2017	1,411	52,981	27,76	5,735	26,206	26,206	9,1	15,62	29,85	29,85	27,76
2018	1,411	52,981	27,76	5,735	26,206	26,206	9,1	15,62	29,85	29,85	27,76

(Mancera et al., 2012; Secretaría de Ambiente del Distrito Metropolitano de Quito, 2014)

Una vez calculadas las emisiones de todo el parque automotor nacional, se procedió a encontrar y analizar los valores de mayor relevancia en cuanto a años de mayor emisión en el período analizado (2008-2017), los sectores que más aportaron año tras año al total de toneladas emitidas y que gases son los mayormente emitidos por todos los automotores del país, de la misma forma se realizó el análisis por tipo de vehículo y combustible utilizado.

## **2.2. DETERMINACIÓN DEL SECTOR ECONÓMICO CON MAYOR CANTIDAD DE EMISIONES DE GASES CRITERIO DEL PARQUE AUTOMOTOR NIVEL NACIONAL.**

Se clasificó a cada uno de los actores económicos según los gases que se tomaron en cuenta para el cálculo y se analizaron mediante histogramas, diagramas de Pareto, diagramas de control, diagramas de dispersión y demás herramientas de calidad pertinentes. Obteniendo así el gas criterio que es el más emitido por los diferentes actores económicos por las fuentes móviles. En el caso del diagrama de control se lo utilizó para analizar si el proceso se encuentra en una condición estable mediante límites de control superior e inferior (LCS y LCI respectivamente), límites de los cuales se espera realizar observaciones, se realizó diagrama de control de promedios y de rangos. El diagrama de control de promedios permite dar seguimiento a promedios de un grupo seleccionado de datos, en este caso de emisiones de gases tipo criterio y permitiendo encontrar puntos promedio de emisión críticos o relevantes. El diagrama de control de rangos se realizó con el objetivo de analizar qué tan variables fueron las emisiones, cuando el rango sobrepasa la línea de control superior (LCS) significa que el rango en dicho sector es muy grande o presentó gran variabilidad, caso contrario si sobrepasa la línea de control inferior significa que su rango es menor o con menor variabilidad.

Las actividades de los actores económicos (particular, estado, de servicios) se clasificaron de acuerdo a la información del parque vehicular de acuerdo a la información del Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, considerando los diferentes servicios que brindan los vehículos particulares, municipales, gubernamentales y alquiler, según la Tabla 3.

Para el caso de las industrias se analizaron las cantidades de activos de vehículos que tienen las industrias de acuerdo a la información de la Superintendencia de Compañías para obtener coeficientes técnicos por industria (clasificación CIIU). Estos coeficientes técnicos serán multiplicados por la

cantidad de emisión del sector asignado para cada grupo de automotor. Para el caso de los autos de alquiler se asumió que forman parte de la industria de transporte y almacenamiento (Código CIU, H) (INEC, 2012).

**Tabla 3.** Clasificación del parque automotor nacional entre los diferentes sectores de la economía.

<b>Sector Económico</b>	<b>Vehículo según tipo de uso INEC</b>	<b>Clasificador CIU</b>
Industrias	Alquiler	H: Transporte y Almacenamiento
	Particulares: Buses, furgonetas, camión, tráiler, tanquero y volqueta	A, B, C, D, E, F, G, H, resto de actividades económicas.
Hogares	Particulares: automóviles, jeep camionetas y motocicletas	Hogares
Gobierno	Vehículos de uso del Estado, Municipales y Gobiernos Seccionales	Gobierno

A= Agricultura, avicultura, ganadería y pesca

B= Explotación de minas y canteras

C= Industrias manufactureras

D= Suministro de electricidad, gas y vapor

E= Distribución de agua

F= Construcción

G= Comercio

Resto de actividades económicas comprende a: Alojamiento y servicio de comidas, información y comunicación, actividades financieras y de seguros, inmobiliaria, actividades científicas y técnicas, servicio administrativo, enseñanza, atención de salud y social y otras actividades y servicios.

(Ministerio de Ambiente del Ecuador, 2016b)

Una vez realizado el cálculo de emisión por cada actividad económica se procedieron a realizar los análisis con las herramientas de calidad anteriormente mencionadas y así se determinó cual es la actividad económica en el país que genera mayor cantidad de gases criterio y cuál es su aporte año tras año en el período de análisis 2008-2017.

### **2.3. PROPUESTA DE ESTRATEGIAS PARA LA DISMINUCIÓN DE LAS EMISIONES DE GASES CRITERIO DEL PARQUE AUTOMOTOR A NIVEL NACIONAL.**

Para proponer estrategias para la disminución de las emisiones se utilizó una metodología bibliométrica, que consistió en establecer el nivel y la cobertura de la búsqueda, es decir, establecer el periodo temporal que debe cubrir la búsqueda, el nivel de actualidad, en función de si el estudio es de carácter retrospectivo. También se delimitó la cobertura geográfica en que se centra esta investigación. Mediante indicadores bibliométricos se establece una valoración cualitativa a partir de la cuantificación de los datos obtenidos, permitiendo establecer propuestas de disminución de emisiones de gases criterio de del parque automotor a nivel nacional (Isabel Gomez Caridad, 2009; Velasco et al., 2012).

Los indicadores bibliométricos se obtuvieron datos de Inventarios de Emisiones Contaminantes de España y de México, se realizó una comparativa frente a Ecuador en determinados años con los gases criterio de mayor problemática o de mayor cantidad de emisión. Para la comparativa frente a España se la realizó en los años 2010, 2015 y 2017 con los contaminantes CO, NO<sub>x</sub> y COV (MITECO, 2020).

Para la comparativa frente a México se consideraron los inventarios de emisiones de contaminantes criterio de los años 2012, 2014 y 2016 con los contaminantes CO, NO<sub>x</sub> y COV. La comparativa realizada permitió analizar el comportamiento de las emisiones ecuatorianas frente a las de países que cuentan con un mayor grado restrictivo en cuanto a normativas de emisiones contaminantes (Amaral et al., 2014; SEDEMA, 2016).

### **3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

#### 3.1. ANÁLISIS DE LOS DATOS DE LA CANTIDAD DE EMISIONES DE GASES CRITERIO POR FUENTES MÓVILES DEL PARQUE AUTOMOTOR NACIONAL.

Una vez que se realizaron los cálculos para las diferentes categorías de vehículos y sectores en el período de análisis se obtuvieron los siguientes resultados:

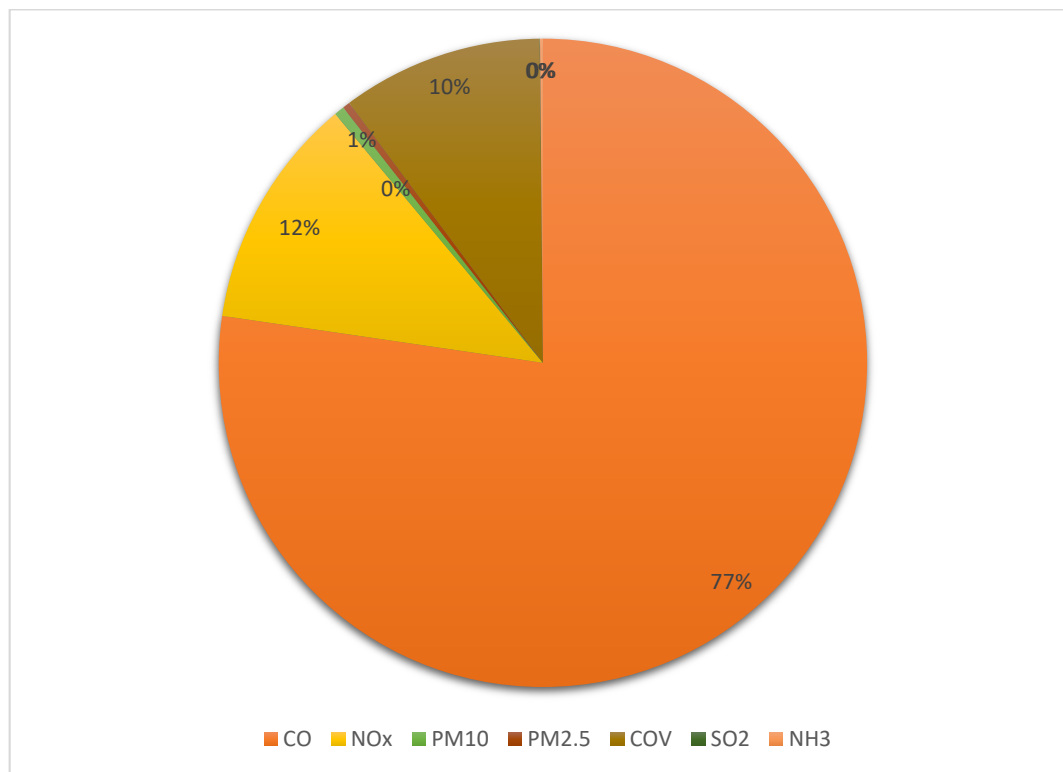
En el año 2008 fue donde se encontró la mayor cantidad de emisiones de gases criterio (sumados todos los gases incluidos en el presente estudio) con un total de 952.770,913 toneladas, mientras que el de menos cantidad de emisiones fue el año 2017 con un total de 563.236,980 toneladas. En todo el período de análisis, del año 2008 al 2017 se encontró que el gas criterio predominante fue el monóxido de carbono CO, ocupando un 77% del total de las emisiones, seguido de los óxidos de nitrógeno con el 12%, los compuestos orgánicos volátiles COV un 10% y el restante del total de emisiones lo ocupan el material particulado PM 10, el material particulado PM 2.5 el dióxido de azufre SO<sub>2</sub> y el amoníaco NH<sub>3</sub> como de muestra en la tabla 4.

**Tabla 4.** Total, de emisiones en toneladas (t) de gases criterio por año.

AÑO/Ton Emisión	CO	NOx	PM <sub>10</sub>	PM <sub>2.5</sub>	COV	SO <sub>2</sub>	NH <sub>3</sub>	TOTAL (t)
2008	739.264,407	109.166,935	4.932,324	3.592,299	94.390,621	165,287	1.259,040	952.770,913
2009	656.600,319	97.511,457	4.240,196	3.165,327	83.653,565	153,532	1.200,012	846.524,409
2010	738.848,743	106.883,199	4.581,134	3.404,502	95.717,264	173,125	1.372,288	950.980,255
2011	657.897,670	89.043,931	3.799,860	2.756,568	89.943,745	148,329	1.144,722	844.734,824
2012	619.361,715	85.644,533	3.598,533	2.594,174	82.129,460	146,537	1.164,606	794.639,557
2013	623.274,554	84.636,946	3.555,287	2.603,784	81.382,016	141,677	1.089,449	796.683,714
2014	594.037,471	119.311,298	5.435,427	3.969,215	77.076,827	137,995	943,375	800.911,607
2015	495.134,925	70.982,032	2.970,605	2.030,942	62.893,080	119,570	996,590	635.127,745
2016	456.220,154	68.207,621	2.982,159	2.018,169	57.917,899	110,519	953,186	588.409,707
2017	429.685,958	71.976,793	3.186,500	2.175,094	55.205,831	105,986	900,819	563.236,980
TOTAL	6.010.325,915	903.364,744	39.282,025	28.310,073	780.310,310	1.402,558	11.024,085	7.774.019,710
Promedio anual	601.032,592	90.336,474	3.928,203	2.831,007	78.031,031	140,256	1.102,409	



En la figura 1 se muestra el porcentaje de emisiones extraído de los promedios anuales de cada contaminante criterio en el período 2008-2017.



**Figura 1.** Porcentaje de emisiones por promedio anual por contaminante.

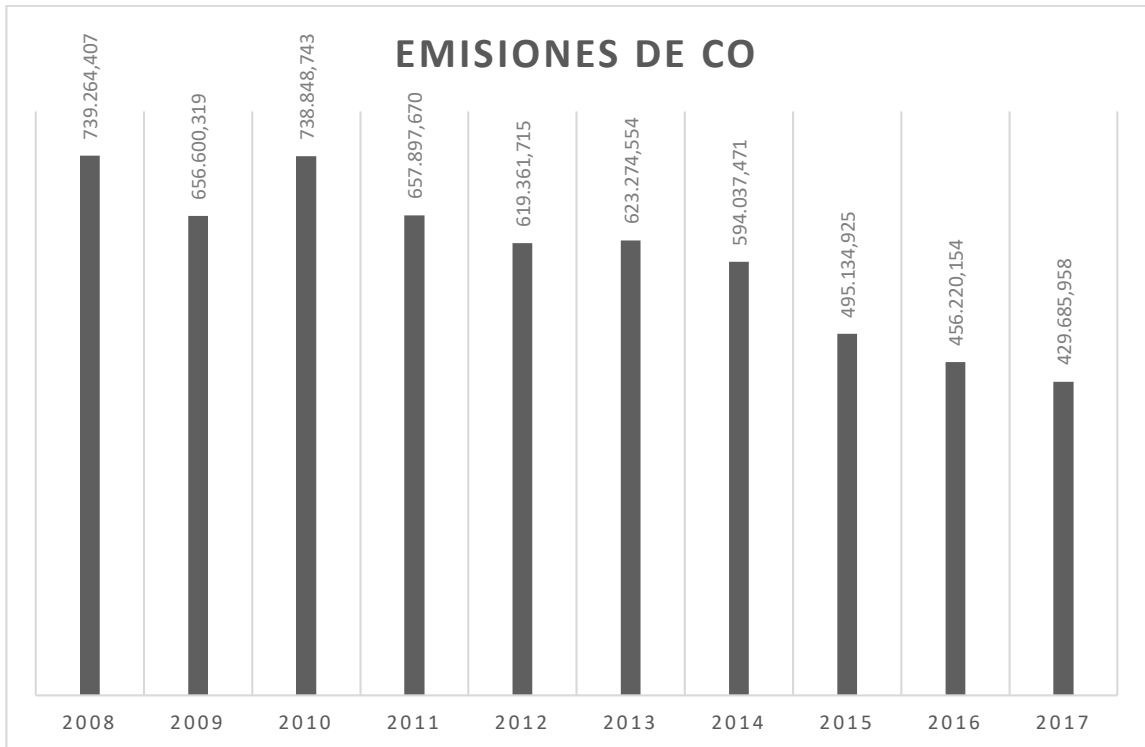
### 3.1.1. MONÓXIDO DE CARBONO CO.

Para el caso del monóxido de carbono se encontró que los vehículos a gasolina emiten mayor cantidad de este contaminante criterio en todos los años de estudio, para el siguiente análisis se tomarán las cifras del año 2008, al ser este el de mayor emisión total en todo el período de análisis.

**Tabla 5.** Emisiones de CO en el año 2008.

2008					
EMISIONES POR SECTOR-COMBUSTIBLE					
COMBUSTIBLE	SECTOR	Toneladas (t)	Porcentaje %	Total (t)	% Acumulado
Gasolina	Particular	618.184,513	83,622%	638.949,017	86%
	Alquiler	15.962,697	2,159%		
	Estado	3.742,568	0,506%		
	Gob. Seccionales	12,272	0,002%		
	Municipio	969,039	0,131%		
	Otros	77,928	0,011%		
Diésel	Particular	75.700,381	10,240%	100.315,390	14%
	Alquiler	22.325,814	3,020%		
	Estado	1.273,611	0,172%		
	Gob. Seccionales	25,232	0,003%		
	Municipio	906,873	0,123%		
	Otros	83,479	0,011%		
TOTAL		739.264,407	100%	739.264,407	100%

Como se puede observar en la tabla 5, el sector predominante tanto en combustible gasolina como en el diésel son los automotores particulares, seguido de los vehículos de alquiler, esto se debe a la cantidad de vehículos que presenta este sector, si bien es cierto los factores de emisión son mucho menores a los de otras categorías que comprenden vehículos más pesados y mayor cilindraje, los vehículos particulares que comprenden a los automóviles, camionetas, jeep y motocicletas son mucho mayores en cantidad, por lo tanto el sector de los hogares son los principales responsables de las emisiones de este gas criterio.



**Figura 2.** Emisiones de CO toneladas/año.

Cabe aclarar que en los otros años del período de análisis (2009-2017) permanece el predominio de los vehículos particulares a gasolina como mayor fuente de emisión de monóxido de carbono.

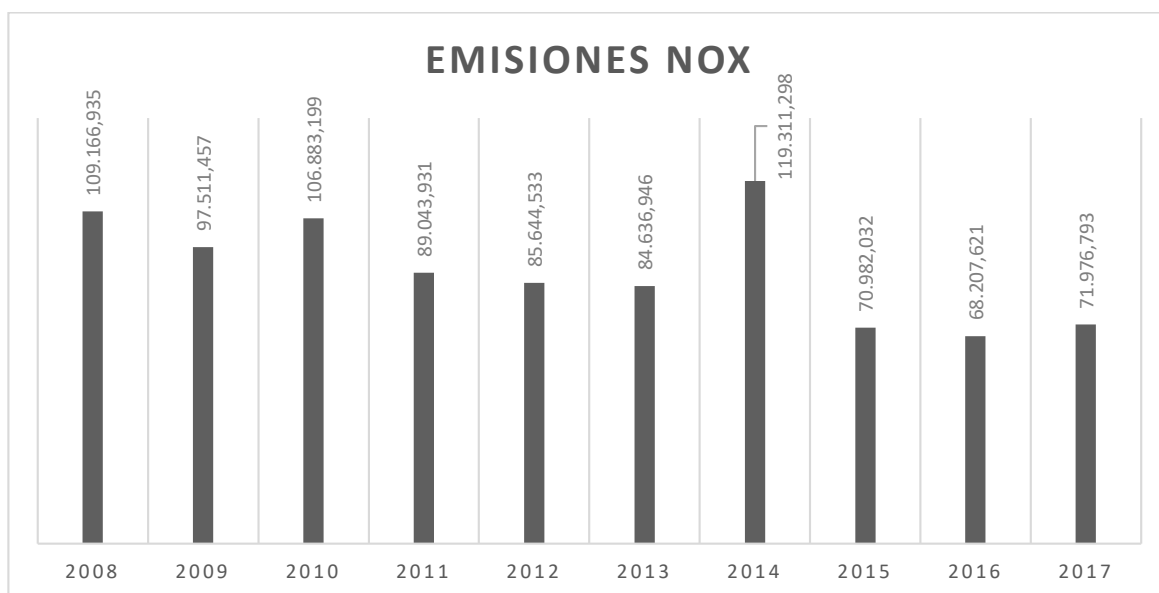
### 3.1.2. ÓXIDOS DE NITRÓGENO NOX.

En los óxidos de nitrógeno NOx se encontró que son mayormente emitidos por los vehículos que utilizan diésel como combustible, el año de mayor emisión de este contaminante fue el año 2014, debido un aumento de números de vehículos de las clases: Camiones, camionetas, tanqueros, tráileres y volquetas que utilizan dicho combustible. Aun así, en cifras generales, la mayor fuente de emisión en todos los años analizados sigue siendo los vehículos a diésel como se muestra en la tabla 6.

**Tabla 6.** Emisiones de NOx en el año 2014.

2014					
EMISIONES POR SECTOR-COMBUSTIBLE					
COMBUSTIBLE	SECTOR	Toneladas (t)	Porcentaje %	Total (t)	% Acumulado
Gasolina	Particular	26.147,099	21,915%	26.948,523	23%
	Alquiler	433,009	0,363%		
	Estado	280,610	0,235%		
	Gob. Seccionales	5,129	0,004%		
	Municipio	79,926	0,067%		
	Otros	2,751	0,002%		
	Diésel	Particular	64.052,427		
Alquiler		24.776,027	20,766%		
Estado		2.028,865	1,700%		
Gob. Seccionales		276,624	0,232%		
Municipio		1.228,832	1,030%		
Otros		0,000	0,000%		
TOTAL		119.311,298	100%	119.311,298	100%

Al igual que el caso del monóxido de carbono, la mayor cantidad de emisión de los NOx pertenece al sector particular y de alquiler, los dos sectores comprenden tanto, automóviles, jeep, camionetas, motocicletas y los vehículos de transporte y almacenamiento. En la figura 3 se puede observar la cantidad de emisiones de NOx anual en el período 2008-2017.



**Figura 3.** Emisiones de NOx toneladas/año.

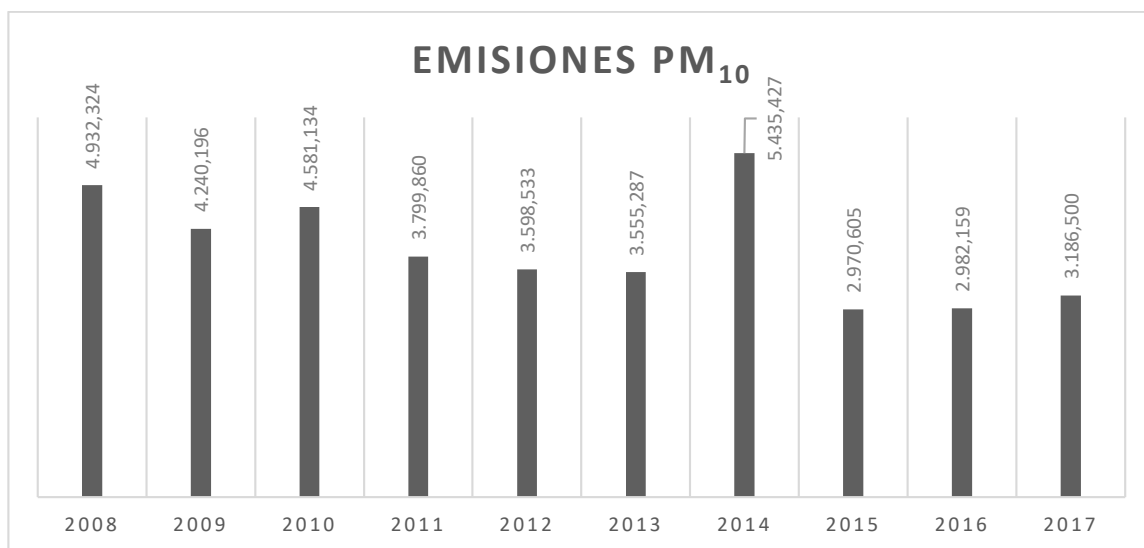
### 3.1.3. MATERIAL PARTICULADO PM<sub>10</sub>.

En el material particulado menor a diez micras, ocurre algo similar a los NO<sub>x</sub>, siendo los vehículos a diésel los más predominantes en emitir este contaminante, pero en cantidades mucho menores, esto se da porque los factores de emisión del material particulado son mucho más pequeños en comparación a los contaminantes ya analizados anteriormente. De la misma forma el año de mayor emisión es el 2014 por el aumento significativo de vehículos de las clases, camiones, camionetas, tanqueros, tráileres y volquetas a diésel.

**Tabla 7.** Emisiones de PM<sub>10</sub> en el año 2014.

2014					
EMISIONES POR SECTOR-COMBUSTIBLE					
COMBUSTIBLE	SECTOR	Toneladas (t)	Porcentaje %	Total (t)	% Acumulado
Gasolina	Particular	450,029	8,280%	470,246	9%
	Alquiler	13,123	0,241%		
	Estado	5,491	0,101%		
	Gob. Seccionales	0,093	0,002%		
	Municipio	1,480	0,027%		
	Otros	0,031	0,001%		
Diésel	Particular	3.368,043	61,965%	4.965,180	91%
	Alquiler	1.421,695	26,156%		
	Estado	108,507	1,996%		
	Gob. Seccionales	11,359	0,209%		
	Municipio	55,576	1,022%		
	Otros	0,000	0,000%		
TOTAL		5.435,427	100%	5.435,427	100%

De la misma forma en todo el período de análisis 2008-2017 se encontró que los vehículos que utilizan al diésel como combustible son los que mayor emiten PM<sub>10</sub> año tras año, una vez más siendo los vehículos particulares la principal fuente de este contaminante.



**Figura 4.** Emisiones de PM<sub>10</sub> toneladas/año.

### 3.1.4. MATERIAL PARTICULADO PM<sub>2.5</sub>.

En el caso del material particulado menor a 2.5 micras se encontró que la fuente dominante se encuentra en los vehículos a diésel, de la misma forma que el PM<sub>10</sub> el año predominante es el 2014 por el aumento significativo de vehículos de las clases, camiones, camionetas, tanqueros, tráileres y volquetas a diésel.

**Tabla 8.** Emisiones de PM<sub>2.5</sub> en el año 2014.

2014					
EMISIONES POR SECTOR-COMBUSTIBLE					
COMBUSTIBLE	SECTOR	Toneladas (t)	Porcentaje %	Total (t)	% Acumulado
Gasolina	Particular	260,123	6,554%	268,633	7%
	Alquiler	4,791	0,121%		
	Estado	2,890	0,073%		
	Gob. Seccionales	0,051	0,001%		
	Municipio	0,755	0,019%		
	Otros	0,022	0,001%		
Diésel	Particular	2.710,065	68,277%	3.700,582	93%
	Alquiler	863,265	21,749%		
	Estado	70,681	1,781%		
	Gob. Seccionales	9,544	0,240%		
	Municipio	47,027	1,185%		
	Otros	0,000	0,000%		
TOTAL		3.969,215	100%	3.969,215	100%

En el período de análisis 2008-2017 los automotores del sector particular son la fuente dominante, en el año 2014 este sector emitió 2.710,06 toneladas, seguidos de los vehículos de alquiler con 863.26 toneladas del contaminante, siendo nuevamente estos sectores los más relevantes en todos los años de análisis.

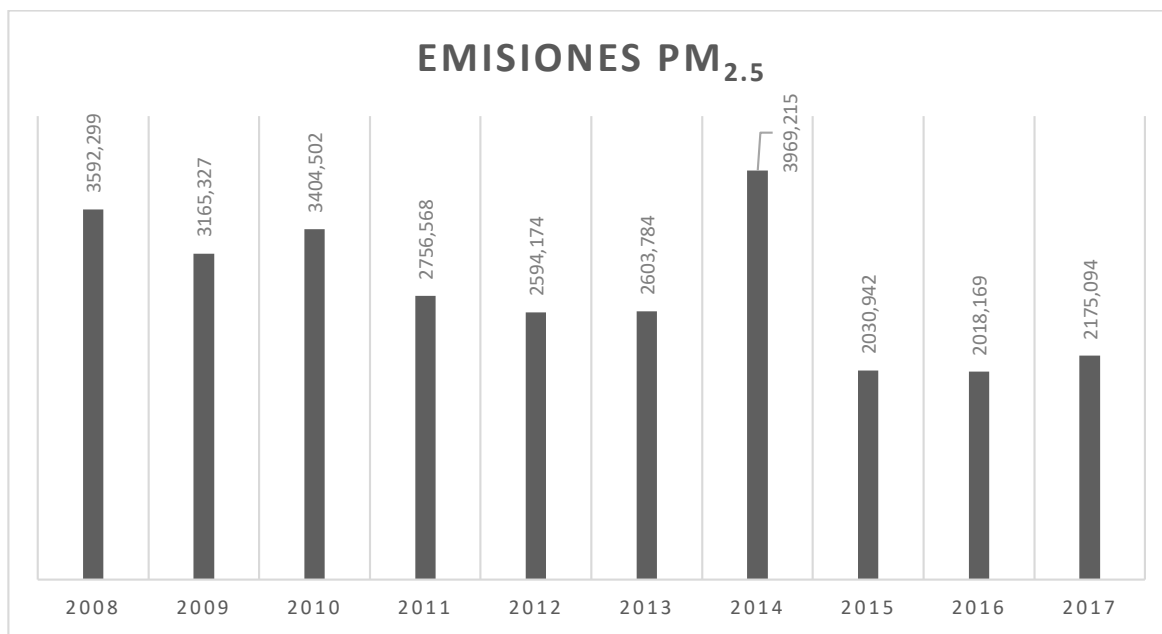


Figura 5. Emisiones de PM<sub>2.5</sub> toneladas/año.

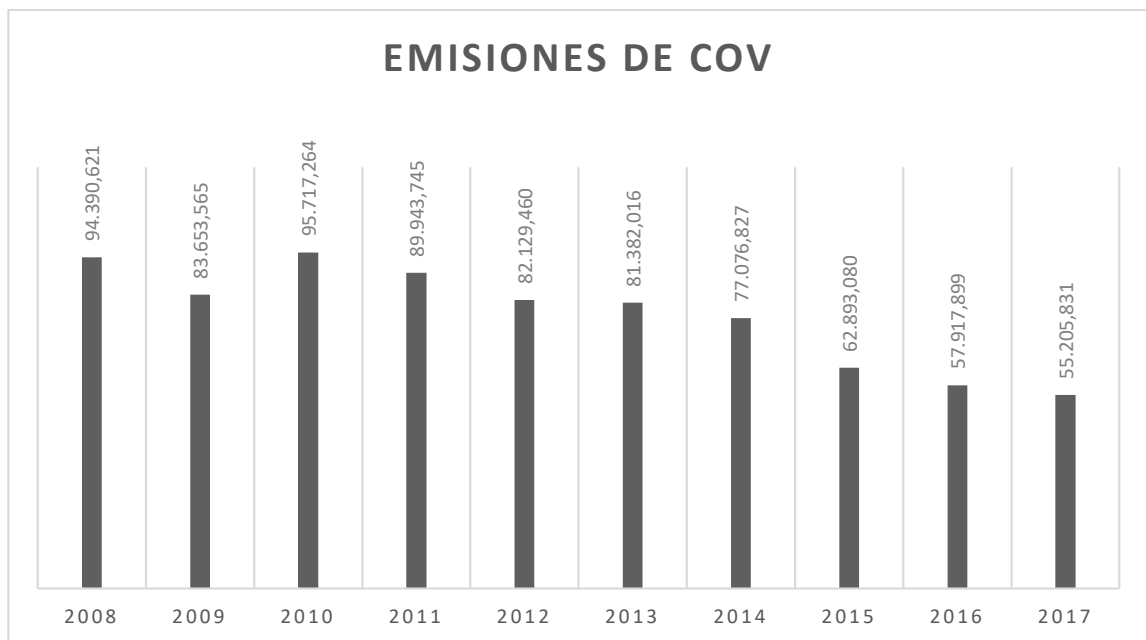
### 3.1.5. COMPUESTOS ORGÁNICOS VOLÁTILES (COV).

Para el caso de los compuestos orgánicos volátiles diferentes al metano se encontró como año de mayor emisión el 2010, para este contaminante criterio la fuente predominante se encuentra en los vehículos a gasolina, como ya se aclaró en los análisis de contaminantes anteriores, el sector de mayor influencia se encuentra en los vehículos particulares a gasolina, en el año 2010 estos emitieron 76.216,154 toneladas de COV, seguido de los vehículos particulares a diésel con 12.893,170 toneladas.

**Tabla 9.** Emisiones de COV en el año 2010.

2010					
EMISIONES POR SECTOR-COMBUSTIBLE					
COMBUSTIBLE	SECTOR	Toneladas (t)	Porcentaje %	Total (t)	% Acumulado
Gasolina	Particular	76.216,154	79,626%	78.937,859	82%
	Alquiler	1.766,305	1,845%		
	Estado	817,442	0,854%		
	Gob. Seccionales	5,958	0,006%		
	Municipio	119,876	0,125%		
	Otros	12,125	0,013%		
	Diésel	Particular	12.893,170		
Alquiler		3.299,367	3,447%		
Estado		343,237	0,359%		
Gob. Seccionales		10,076	0,011%		
Municipio		214,417	0,224%		
Otros		19,138	0,020%		
TOTAL		95.717,264	100%	95.717,264	100%

En la figura 6 se observa la variación de las emisiones de COV en el período 2008-2017. Cabe aclarar que en todos los años del período mencionado las fuentes de mayor emisión siguen siendo los vehículos particulares que comprenden los automóviles, jeep, camionetas y motocicletas.



**Figura 6.** Emisiones de COV toneladas/año.



### 3.1.6. DIÓXIDO DE AZUFRE SO<sub>2</sub>.

En el dióxido de azufre se encontró que la mayor fuente de emisión se encontraba en los vehículos particulares a gasolina, en el año de mayor emisión (2010) este sector emitió 134,422 toneladas de SO<sub>2</sub>, luego de estos se encontraba muy lejos a los vehículos particulares a diésel con apenas 24,937 toneladas del contaminante.

Las emisiones de SO<sub>2</sub> de los vehículos a gasolina se ven justificadas por la cantidad de azufre en el combustible, en el Ecuador, la gasolina extra de 87 octanos cuenta con promedio de 394 ppm de azufre llegando en varias muestras hasta 432ppm, mientras que la gasolina súper de 92 octanos cuenta con un promedio de 452 ppm de azufre llegando en varios casos hasta 648ppm, el límite permisible según la norma es de un máximo de 650 ppm para los dos combustibles, estando dentro de la norma técnica ecuatoriana. En el diésel el contenido de azufre es mucho menor que el de las dos gasolinas, hasta julio del 2018 se registró un contenido de azufre de 110 ppm con miras hasta llegar a los 50 ppm, muy por debajo del límite impuesto que es de 500ppm.

**Tabla 10.** Emisiones de SO<sub>2</sub> en el año 2010.

2010					
EMISIONES POR SECTOR-COMBUSTIBLE					
COMBUSTIBLE	SECTOR	Toneladas (t)	Porcentaje %	Total (t)	% Acumulado
Gasolina	Particular	134,422	77,644%	141,358	82%
	Alquiler	5,434	3,139%		
	Estado	1,211	0,699%		
	Gob. Seccionales	0,006	0,004%		
	Municipio	0,256	0,148%		
	Otros	0,029	0,017%		
	Diésel	Particular	24,937		
Alquiler		5,719	3,303%		
Estado		0,657	0,379%		
Gob. Seccionales		0,018	0,011%		
Municipio		0,400	0,231%		
Otros		0,036	0,021%		
TOTAL		173,125	100%	173,125	100%

En los años diferentes al 2010 se da prácticamente la misma proporción, siendo la fuente más relevante los vehículos particulares a gasolina. En la figura 7 se puede observar la emisión en toneladas de todos los años del período de análisis.

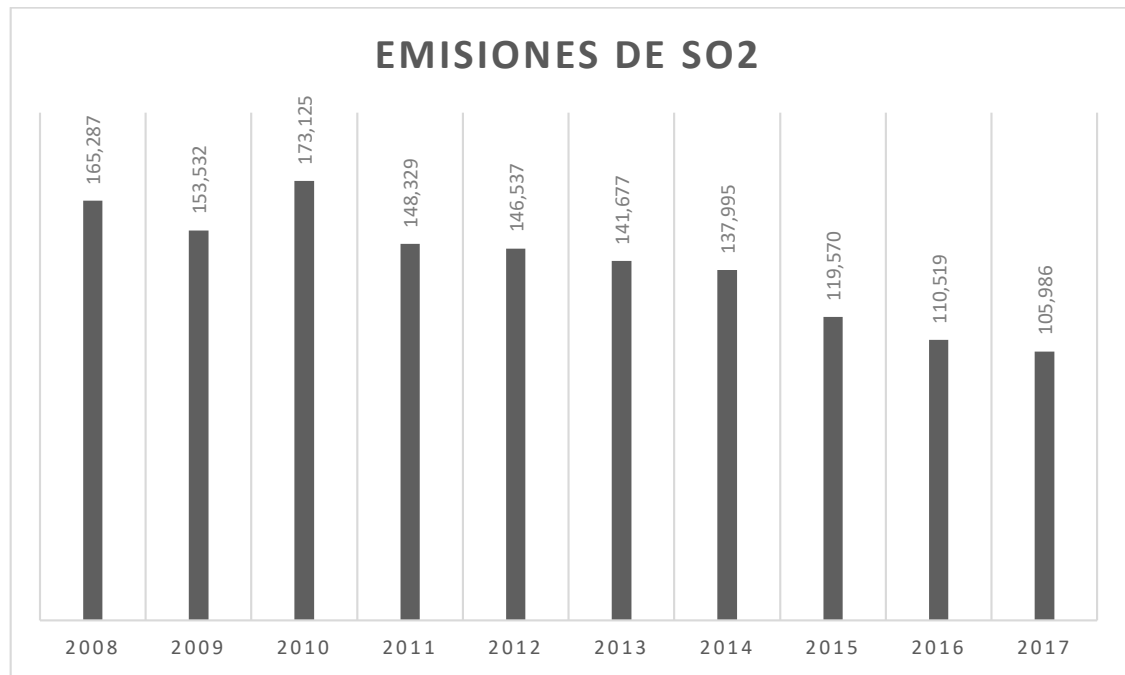


Figura 7. Emisiones de SO<sub>2</sub> toneladas/año.

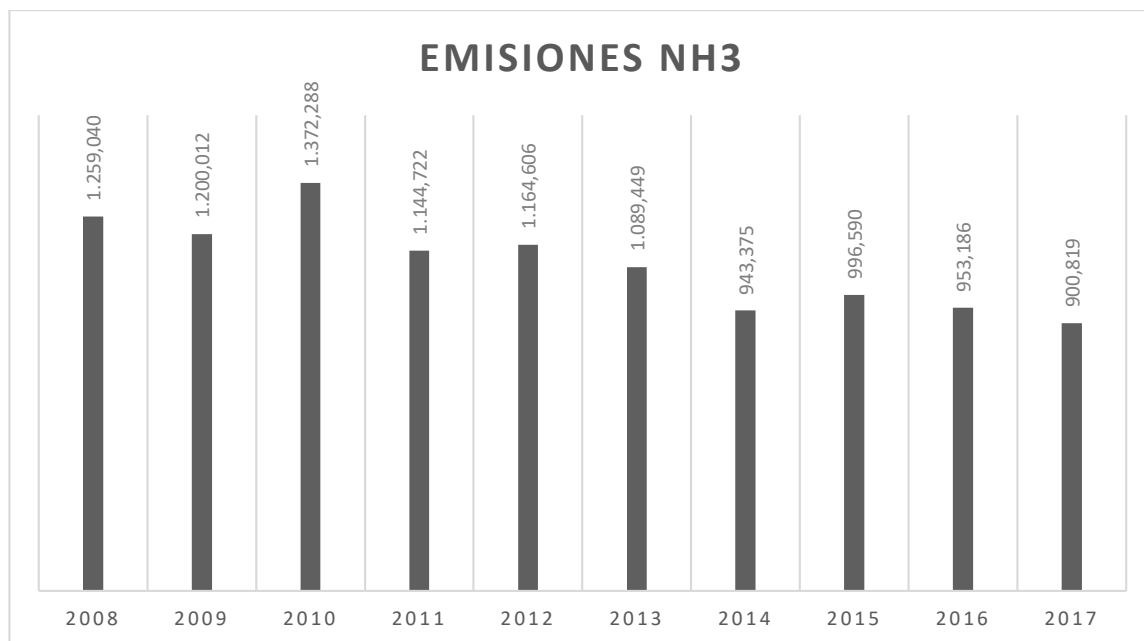
### 3.1.7. AMONÍACO NH<sub>3</sub>.

En el amoníaco las principales fuentes de emisión fueron los vehículos particulares a gasolina, siendo el año de mayor emisión el 2010 se observó una gran diferencia entre los vehículos que usan gasolina y diésel, en este año los vehículos a gasolina emitieron 1.259,761 toneladas de NH<sub>3</sub>, y los vehículos a diésel emitieron apenas 112,526 toneladas del contaminante como se muestra en la tabla 11.

**Tabla 11.** Emisiones de NH<sub>3</sub> en el año 2010.

2010					
EMISIONES POR SECTOR-COMBUSTIBLE					
COMBUSTIBLE	SECTOR	Toneladas (t)	Porcentaje %	Total (t)	% Acumulado
Gasolina	Particular	1.163,541	84,788%	1.259,761	92%
	Alquiler	84,312	6,144%		
	Estado	9,511	0,693%		
	Gob. Seccionales	0,050	0,004%		
	Municipio	2,066	0,151%		
	Otros	0,282	0,021%		
Diésel	Particular	89,649	6,533%	112,526	8%
	Alquiler	19,265	1,404%		
	Estado	2,088	0,152%		
	Gob. Seccionales	0,067	0,005%		
	Municipio	1,332	0,097%		
	Otros	0,125	0,009%		
TOTAL		1.372,288	100%	1.372,288	100%

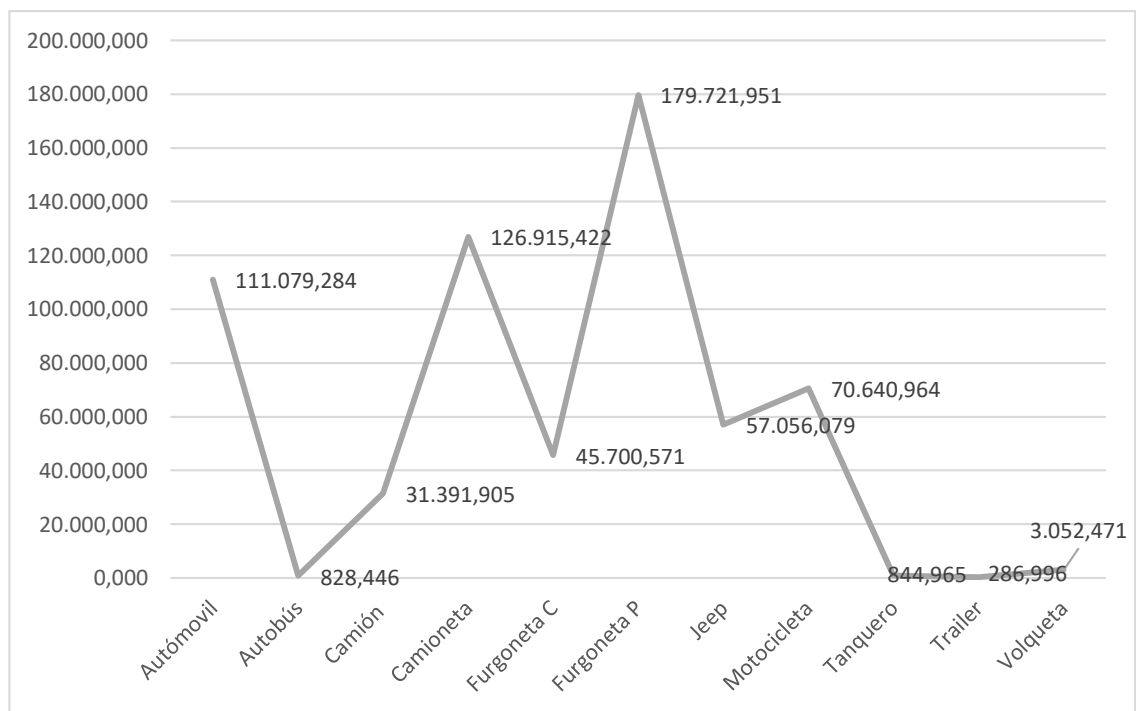
En la figura 8 se observa la cantidad de toneladas emitidas en todos los años del período de análisis, en los años diferentes al 2010 que fue el de mayor emisión, siguen predominando como fuente principal los vehículos a gasolina.



**Figura 8.** Emisiones de NH<sub>3</sub> toneladas/año.

Si se analizan las emisiones de gases criterio de manera general e involucrando a todos los contaminantes criterio y por tipo de combustible, se encontró que en los contaminantes; monóxido de carbono, compuestos orgánicos volátiles, dióxido de azufre y amoniaco son emitidos en mayor cantidad por todos los vehículos que usan como combustible la gasolina. Mientras que, para el caso de los óxidos de nitrógeno, material particulado (PM<sub>10</sub> Y PM<sub>2.5</sub>) son emitidos en mayor cantidad por los vehículos que utilizan como combustible el diésel. Los vehículos a gasolina emiten el 79% del total de gases criterio en el período 2008-2017, mientras que los vehículos a diésel emiten el 21% restante. De la misma forma, al analizar cada sector de forma general, los vehículos que presentan mayor cantidad de emisión son los vehículos particulares, seguido de los de alquiler y posteriormente los vehículos de gobierno con el menor aporte.

Esta cifra se debe a que los vehículos que más aportan al total de emisiones son particulares, específicamente las furgonetas de pasajeros, automóviles, camionetas y motocicletas. En el caso de las furgonetas particulares, pertenecen al sector industrial y comercial (Clasificación CIIU A-G), en cuanto a los vehículos livianos, camionetas y motocicletas pertenecen al sector de los hogares.



**Figura 9.** Emisiones de CO en toneladas, vehículos particulares a gasolina del año 2008.

Las furgonetas de pasajeros (FURGONETA P), en el año 2008 emitieron 173.885,012 toneladas de CO, cifra que marca la diferencia en este año para que

el sector industrial y comercial supere ligeramente a las emisiones de los hogares correspondientes a los automóviles, camionetas, jeep y motocicletas.

Cabe aclarar que los tanqueros, tráiler, volquetas y camiones a diésel tanto particulares como de alquiler son los automotores que más emisiones de gases criterio producen, al presentar un factor de emisión mucho más alto, pero a su vez son el tipo de vehículos que se encuentran en menor cantidad del todo el parque automotor nacional, por lo tanto, se ven superados por las emisiones de los vehículos de los hogares pese a que estos poseen factores de emisión muy inferiores y también un recorrido promedio anual más bajo, pero estos se presentan en números de vehículos que superan notablemente el número de automotores más pesados. En la tabla 12 se muestra un extracto del parque automotor nacional del año 2008 donde se observa claramente que los vehículos tanqueros, tráiler, volquetas y camiones a diésel de alquiler son superados en número por los vehículos particulares a gasolina.

**Tabla 12.** Extracto del parque automotor nacional 2008, vehículos particulares a gasolina vs vehículos de alquiler a diésel.

PARTICULAR-gasolina						
	Automóvil	Autobús	Camión	Camioneta	Furgoneta	Jeep
TOTAL	259.875	34	1.356	106.526	13.763	125.749
	Motocicleta	Tanquero	Tráiler	Volqueta	Otros	
	381.803	26	19	80	505	
ALQUILER-diésel						
	Automóvil	Autobús	Camión	Camioneta	Furgoneta	Jeep
TOTAL	32	8.391	9.503	1.910	2.799	8
	Motocicleta	Tanquero	Tráiler	Volqueta	Otros	
	1	428	3.295	1.598	78	

En el año 2014, para el caso de los óxidos de nitrógeno, material particulado (PM<sub>10</sub> y PM<sub>2,5</sub>) existió un aumento significativo de la cantidad de emisiones, esto se debe a varias razones; en el año 2014 la cantidad de camiones, camionetas, tanqueros, tráileres y volquetas matriculados aumentaron en gran número, especialmente los camiones que en el año 2014 aumentaron casi al doble de su año antecesor y sucesor, en el año 2013 se matricularon 34.701 camiones (a diésel) y en el 2014 se matricularon 60.305. De esta forma se justifica el drástico aumento de estos gases criterio en el año mencionado.

En cifras generales se puede mencionar que los vehículos pertenecientes a la clase “automóviles” son la mayor fuente de emisión de contaminantes criterio a nivel nacional, ya que son los hogares y el sector de transporte y almacenamiento

los que poseen vehículos de estas características, superando drásticamente a las otras clases de vehículos considerados en el presente estudio.

### **3.2. DETERMINACIÓN DEL SECTOR ECONÓMICO CON MAYOR CANTIDAD DE EMISIONES DE GASES CRITERIO DEL PARQUE AUTOMOTOR NIVEL NACIONAL.**

En la determinación de emisiones por actividad económica se encontró que la actividad “H” perteneciente al transporte y almacenamiento según la clasificación CIIU es la actividad que más aporta al total de emisiones de gases criterio incluidos en este estudio con un total acumulado de 1.056.740,22 toneladas de emisión sumado todos los gases incluidos presenten estudio y en todo el período de análisis 2008-2017. Así mismo se determinó que el gas criterio más emitido fue el monóxido de carbono (CO) en todos los años analizados, pero el año más relevante fue el 2008, en este año la actividad del transporte y almacenamiento liberó a la atmósfera un total de 86.224,99 toneladas de monóxido de carbono, 25.589,78 toneladas de NO<sub>x</sub>, 1.574,24 toneladas de PM<sub>10</sub>, 991,77 toneladas de PM<sub>2.5</sub>, 12.441,62 toneladas de COV, 22,83 toneladas de SO<sub>2</sub> y 44,88 toneladas de NH<sub>3</sub>.

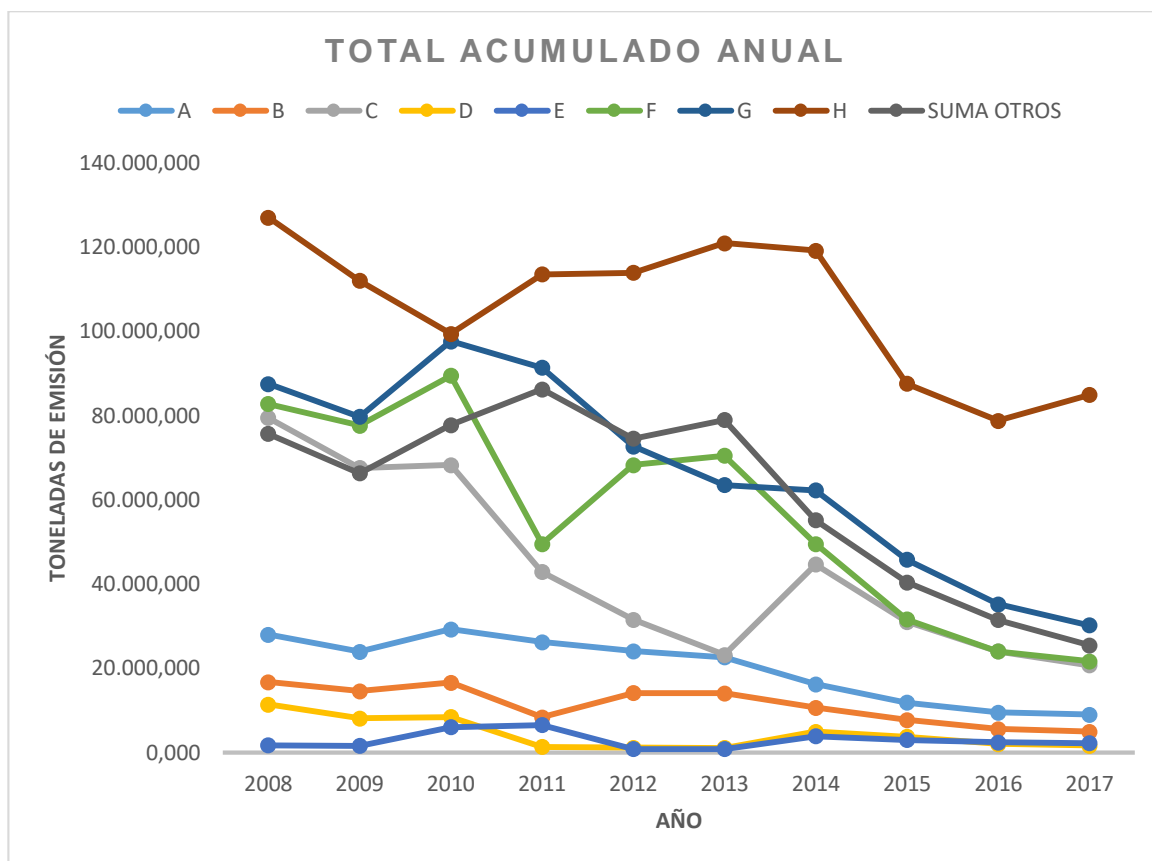
De la misma forma se determinó que la actividad que menos aporta al total de emisiones de contaminantes criterio es el sector “E” del Agua y Saneamiento, si se compara en cuanto al total de emisiones en todo el período de análisis 2008-2017, este sector aporta con 23.275,13 toneladas de contaminantes criterio.

En el anexo 10 se observa la clasificación CIIU de actividades económicas y las emisiones de cada una de ellas por año.

En la tabla 13 se presentan los totales acumulados por sector y por año, en la columna “SUMA OTROS” se incluyen las actividades: Alojamiento y servicio de comidas, información y comunicación, actividades financieras y de seguros, inmobiliaria, actividades científicas y técnicas, servicio administrativo, enseñanza, atención de salud y social y otras actividades y servicios. La autoridad ambiental nacional considera a estas actividades de menor relevancia para emisiones de fuentes móviles, por lo tanto, se agrupan en una sola.

**Tabla 13.** Total, acumulado de emisiones en toneladas (t) por actividad económica y por año.

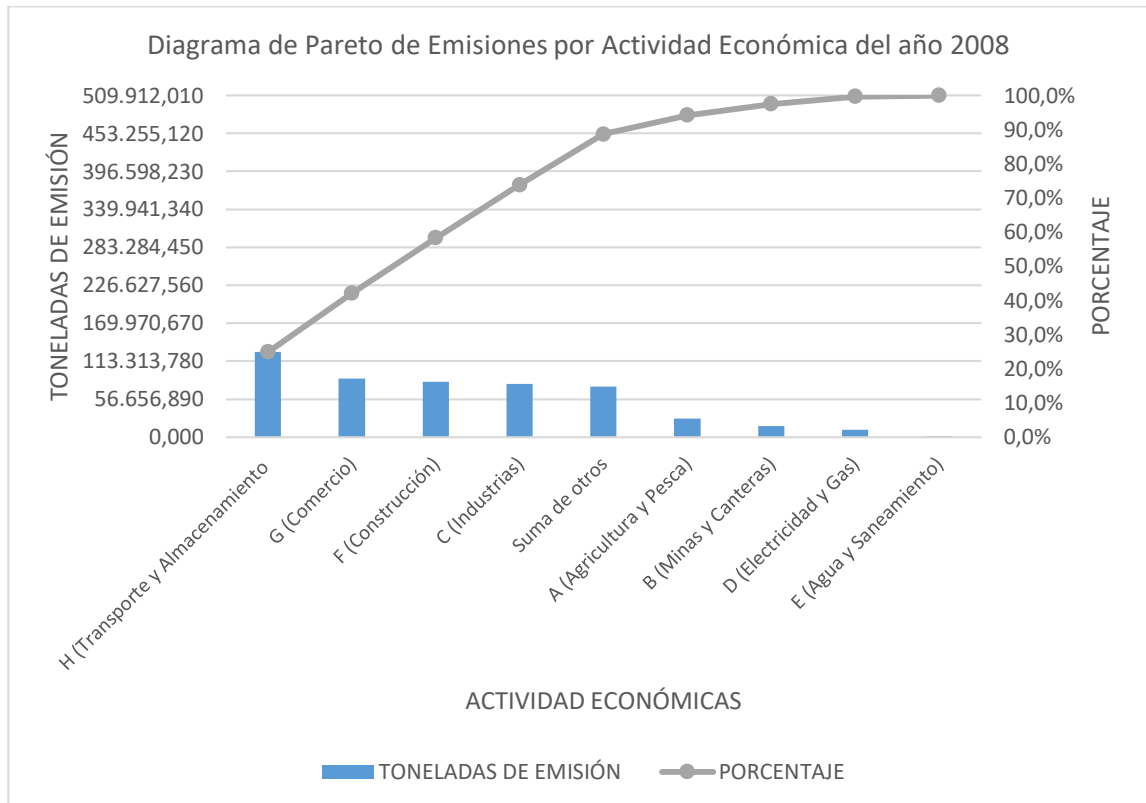
AÑO	A (Agricultura y pesca)	B (Minas y canteras)	C (Industrias manufactureras)	D (Electricidad y gas)	E (Agua y saneamiento)	F (Construcción)	G (Comercio)	H (Transporte y almacenamiento)	SUMA OTROS
2008	27.937,257	16.660,139	79.419,216	11.391,212	1.696,302	82.732,560	87.483,994	126.971,839	75.620,236
2009	23.930,009	14.532,218	67.515,102	8.076,632	1.559,383	77.574,633	79.656,149	111.975,173	66.257,957
2010	29.203,273	16.586,726	68.214,317	8.399,370	5.960,716	89.424,178	97.570,089	99.348,205	77.737,187
2011	26.158,927	8.348,131	42.820,563	1.302,244	6.519,458	49.448,131	91.339,879	113.493,192	86.170,242
2012	24.005,745	14.069,805	31.488,032	1.079,401	771,112	68.244,499	72.663,361	113.836,240	74.478,886
2013	22.595,109	14.009,592	23.160,103	1.039,470	809,970	70.456,887	63.478,369	120.872,405	78.926,776
2014	16.172,797	10.575,847	44.599,138	4.904,522	3.854,257	49.477,791	62.181,748	119.143,452	55.085,023
2015	11.796,828	7.708,338	31.015,060	3.681,537	2.936,474	31.567,449	45.731,679	87.534,874	40.356,481
2016	9.453,881	5.558,868	23.961,086	2.014,872	2.373,315	23.967,751	35.141,786	78.712,369	31.420,067
2017	8.942,381	4.908,268	20.641,324	1.634,358	2.177,097	21.615,664	30.155,695	84.852,470	25.400,556



**Figura 10.** Total acumulado anual en toneladas por actividad económica.

En la figura 10 se puede observar que en líneas generales o en el total acumulado por sector existe un predominio del sector H del transporte y almacenamiento con un margen considerable, seguido de las actividades del comercio, construcción y el resto de actividades económicas.

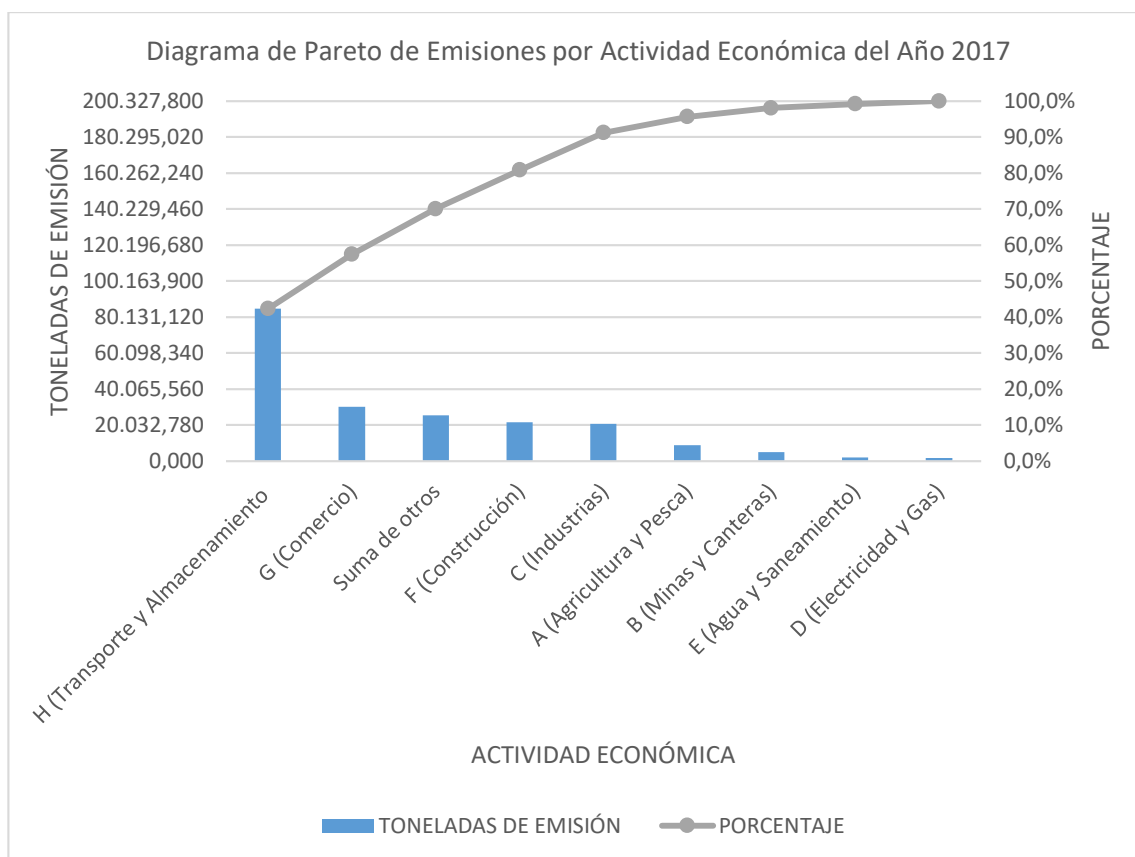
Al realizar un análisis más detallado del año 2008 que es el año donde mayor cantidad de emisiones se liberan, se encontraron los siguientes resultados:



**Figura 11.** Diagrama de Pareto de emisiones por actividad económica del año 2008.

Siendo este el mayor año de emisión en todo el estudio, en la figura 10 se puede observar que las actividades del transporte y almacenamiento, el comercio y la construcción ocupan un poco más del 60% del total emitido por ese año. En los años restantes se observaron resultados muy similares, en todos los años la actividad predominante fue la del transporte y almacenamiento, seguido del comercio, construcción y suma de otras actividades.





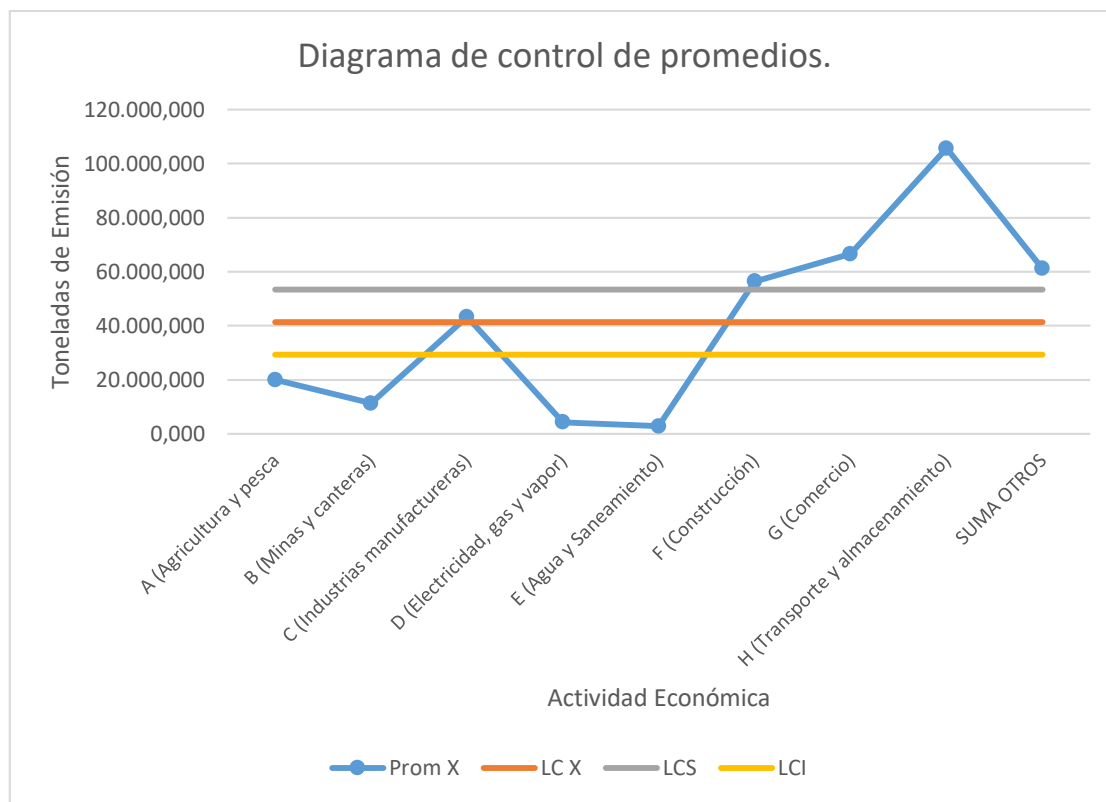
**Figura 12.** Diagrama de Pareto de emisiones por actividad económica del año 2017.

Si se compara al año 2008 con el 2017 que fue el de menor emisión, se observa que la actividad del transporte y almacenamiento es la predominante, ocupando en este caso más del 40% del total, seguido del comercio y de la suma de otras actividades, las tres actividades ocupan el 70% del total de este año. Cabe aclarar que la categoría “suma de otros” comprende a: Actividades de servicio y alojamiento, información y comunicación, financieras, inmobiliarias, enseñanza y otras actividades.

Para observar a mayor detalle lo que sucede con las emisiones de cada actividad económica año tras año, se elaboró diagramas de control, tanto para promedio de cada actividad en todo el período de análisis y para el rango de cada una.

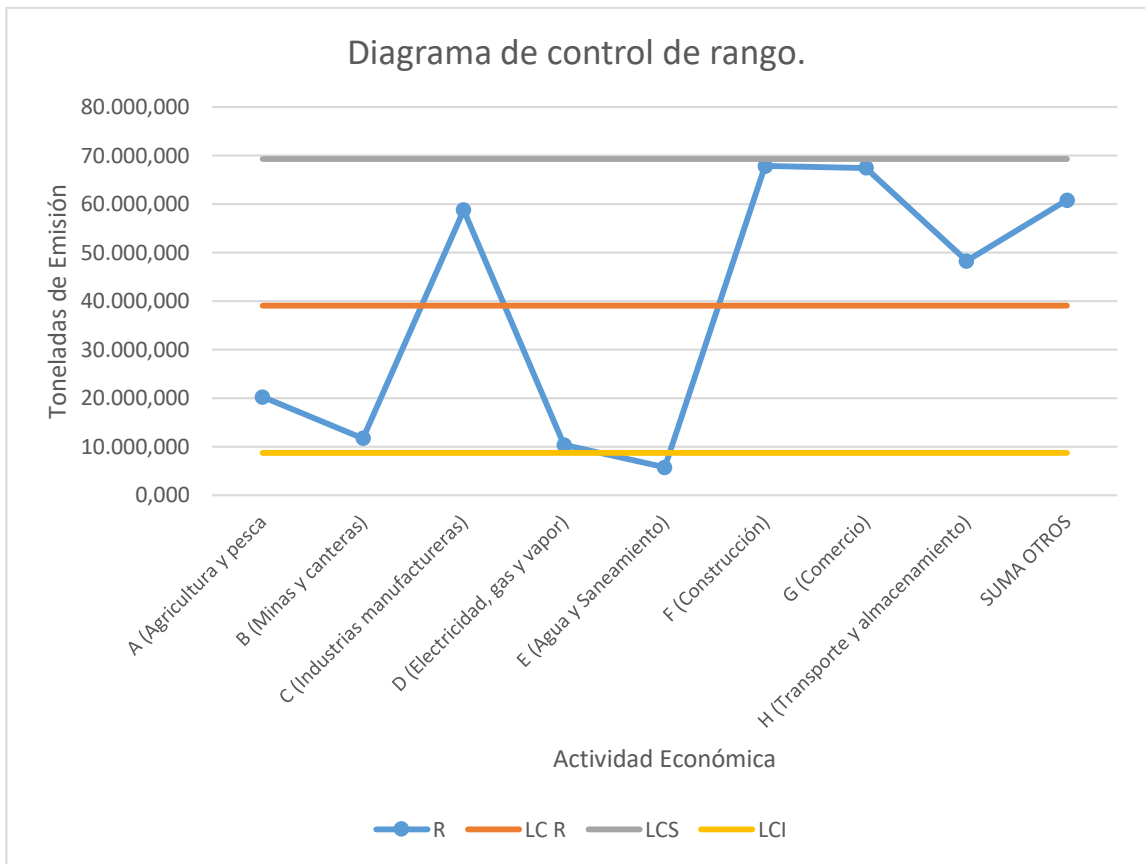
El diagrama de control de promedios de la figura 13 permite dar seguimiento al comportamiento de los promedios de las emisiones para detectar puntos críticos. El diagrama de control de rangos de la figura 14 permite observar que tan variables fueron las emisiones, por ejemplo, cuando se excede la línea de control superior (LCS) quiere decir que el rango de dicha actividad que lo excede es muy

grande o tiene mucha variabilidad, lo contrario ocurrirá si se supera la línea de control inferior cuando determinada actividad tiene un rango pequeño o poco variable.



**Figura 13.** Diagrama de control de promedios de emisiones de las actividades económicas 2008-20017.

En la figura 13 se observa que las actividades de código CIU F, H, G y SUMA OTROS, pertenecientes a la construcción, comercio y transporte y almacenamiento respectivamente, sobrepasan el límite de control superior encontrado en toda la muestra de análisis, siendo las actividades más críticas en cuanto a emisiones de gases tipo criterio en el Ecuador, por otra parte se observa que las actividades A, B, D y E pertenecientes a minas y canteras, electricidad, gas, vapor, agua y saneamiento son las menos problemáticas, sus promedios anuales se encuentran por debajo del límite de control inferior siendo áreas donde el problema por contaminantes criterio se aprecia en menores proporciones, y finalmente el código CIU C perteneciente a las industrias manufactureras es el que más cerca está de la línea central de toda la muestra en la figura 12, cabe aclarar que al encontrarse ligeramente arriba del promedio no deja de ser menor problemático ni muchos menos una actividad crítica en cuanto a emisiones.



**Figura 14.** Diagrama de control de rangos de emisiones de las actividades económicas 2008-2017.

En la figura 14 se observan que las actividades código F y G pertenecientes a construcción y comercio respectivamente presentan un rango mucho mayor que las otras actividades, por lo tanto se puede asumir que desde el año 2008 hasta el 2017 se presentó mayor variabilidad en las emisiones de gases criterio, la razón más probable podría ser la variabilidad de la cantidad de vehículos que puede presentar este sector conforme pasa el tiempo, caso contrario ocurre con las actividades de minas y canteras, electricidad y agua y saneamiento, que presentan rangos mucho más estables, por lo tanto se puede decir que las flotas vehiculares de estas actividades económicas es mucho más estable en cuanto a vehículos matriculados en el período de análisis.

Al comparar los acumulados totales de la actividad código H del Transporte y hogares encontramos que este último contribuye mucho más que cualquier otra actividad económica incluida en la clasificación CIIU, si se observa la suma de emisiones en todo el período 2008-2017 la actividad del transporte y almacenamiento acumula un total de 1.056.740,22 toneladas de gases tipo

criterio, mientras que los hogares acumulan un total de 3.952.295,90 toneladas de gases tipo criterio, por lo tanto, se puede deducir que el mayor generador de este tipo de emisiones son los automotores particulares que pertenecen a los hogares.

### 3.3. PROPUESTA DE ESTRATEGIAS PARA LA DISMINUCIÓN DE LAS EMISIONES DE GASES CRITERIO DEL PARQUE AUTOMOTOR A NIVEL NACIONAL.

Para realizar las propuestas de estrategias para la disminución de las emisiones de gases criterio del parque automotor nacional se realizó un análisis bibliométrico, de esta forma se puede encontrar el núcleo del problema de contaminación o donde están las principales fuentes de emisión, para esto se realizó una comparación con diferentes países, y se observó el comportamiento de los tres contaminantes más problemáticos (CO, NO<sub>x</sub>, COV) en cierto período de tiempo y en años específicos. Se extrajo indicadores bibliométricos de inventarios de emisiones de fuentes móviles tanto de España y de México para observar el comportamiento de reducción o de aumento en relación a estos países.

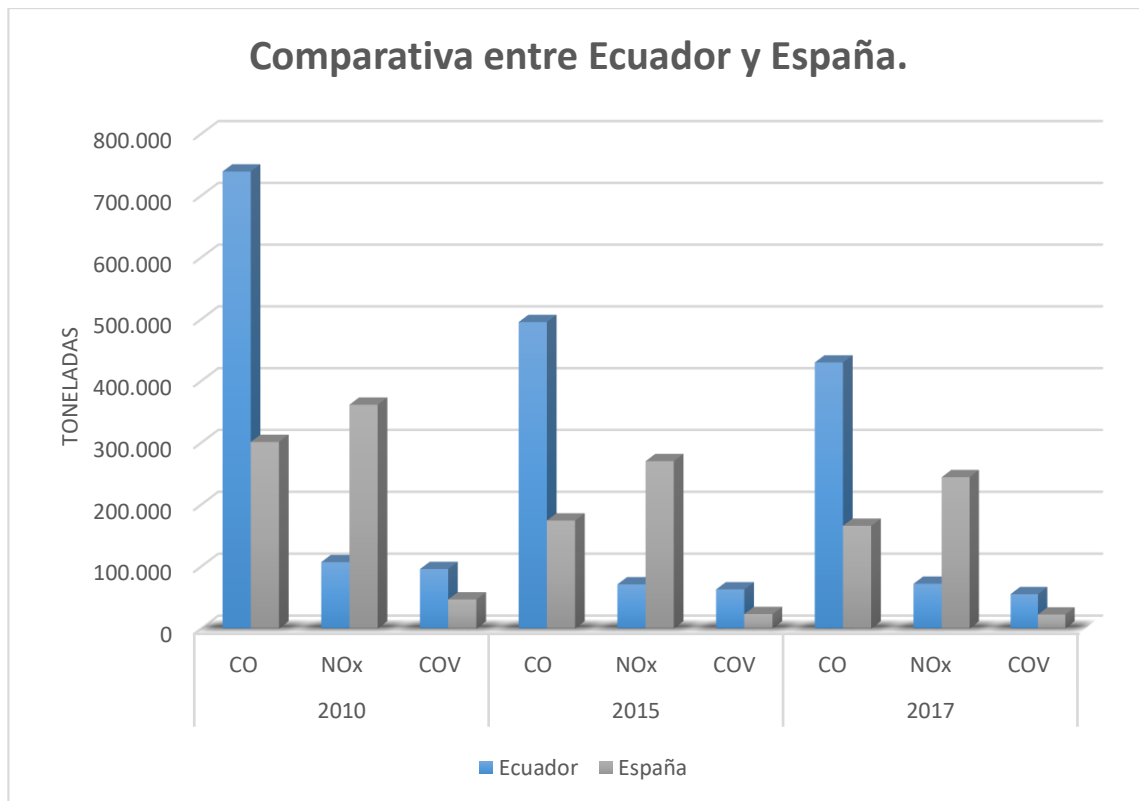
#### 3.3.1. COMPARACIÓN ENTRE ECUADOR Y ESPAÑA.

En la tabla 14 se puede comparar la cantidad de emisiones anuales de los vehículos tanto de Ecuador y de España, con su respectiva reducción o aumento en el año siguiente, se puede apreciar que los dos países presentan reducciones en la emisión de contaminantes desde el año 2010 hasta el 2015 y 2017, a excepción del Ecuador que del año 2015 a 2017 aumentó sus emisiones de NO<sub>x</sub> EN 994 toneladas.

**Tabla 14.** Indicadores en toneladas de Ecuador y España más comparativa aumento o reducción.

AÑO	2010			2015			2017		
	CO	NO <sub>x</sub>	COV	CO	NO <sub>x</sub>	COV	CO	NO <sub>x</sub>	COV
Ecuador	738.848	106.883	95.717	495.134	70.982	62.893	429.685	71.976	55.205
España	301.000	361.300	46.600	174.100	270.000	23.100	165.500	244.100	22.300
Reducción (t)									
Ecuador				243.714	35.901	32.824	65.449	-994	7.688
España				126.900	91.300	23.500	8.600	25.900	800

La figura 15 muestra la diferencia entre las emisiones contaminantes entre Ecuador y España, en la figura se aprecia que Ecuador emite más CO y COV que España, mientras que con los NO<sub>x</sub> España muestra mayor cantidad de emisiones.



**Figura 15.** Comparativa de emisiones entre Ecuador y España en toneladas.

La normativa aplicada en cada país juega un papel importante en la cantidad de emisiones, si bien es cierto en España se aplica la normativa EURO 6 y en Ecuador apenas la EURO 3, de la misma forma, existen grandes diferencias en cuanto a la calidad del combustible: En España se distribuye combustible de 95, 98 y de hasta 100 octanos, mientras que en Ecuador el combustible inicia desde los 87 octanos hasta un máximo de 92 octanos, por lo que se justifica que el Ecuador supere notablemente en emisiones de CO a España.

### 3.3.2. COMPARACIÓN ENTRE ECUADOR Y MÉXICO.

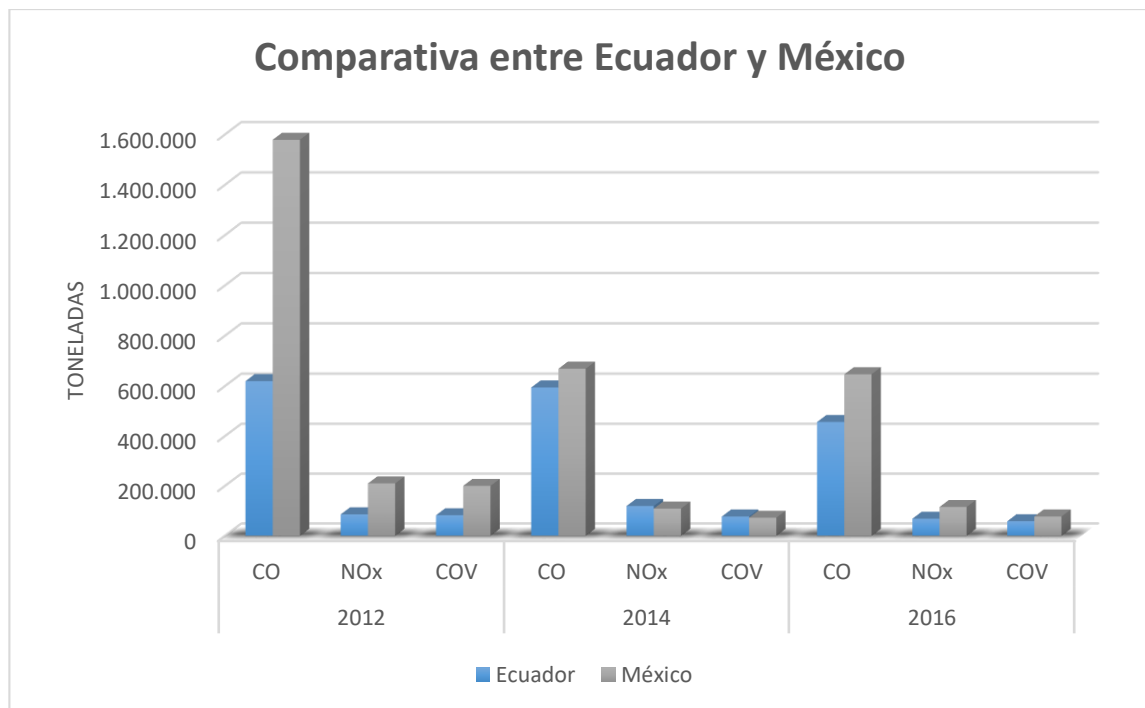
En la tabla 15 se compara los indicadores de emisiones vehiculares en toneladas en los años 2012, 2014 y 2016. En cifras generales se observa que México supera claramente en emisiones a Ecuador, los indicadores muestran que en el período 2012-2014 Ecuador aumentó sus emisiones de NO<sub>x</sub> en 33.667 toneladas, mientras México en el mismo contaminante las aumento del 2014 al 2016 en

6.590 toneladas y los COV en el mismo período de tiempo aumentaron en 5.010 toneladas.

**Tabla 15.** Indicadores en toneladas de Ecuador y México más comparativa aumento o reducción.

AÑO	2012			2014			2016		
PAÍS/Gas criterio	CO	NOx	COV	CO	NOx	COV	CO	NOx	COV
Ecuador	619.361	85.644	82.129	594.037	119.311	77.076	456.220	68.207	57.917
México	1.578.442	209.717	199.824	668.882	108.685	72.041	646.433	115.275	77.051
Reducción (t)									
Ecuador				25.324	-33.667	5.053	137.817	51.104	19.159
México				909.560	101.032	127.783	22.449	-6.590	-5.010

La figura 16 muestra el predominio general en emisiones de los vehículos de México sobre Ecuador, a excepción de los NO<sub>x</sub> en el año 2014 donde el Ecuador supera ligeramente a México.



**Figura 16.** Comparativa de emisiones entre Ecuador y México en toneladas.

En México se aplica una normativa denominada NOM-44-SEMARNAT, derivada a la normativa norteamericana EPA 2004 y también de la EURO 4 pero menos restrictiva, por lo que se justifica que en cifras generales México tenga mayor cantidad de emisiones de contaminantes criterio.

Una de las principales razones por la diferencia en emisiones entre estos países es la gran diferencia que existe en el parque automotor nacional, el número de vehículos en México y España es mucho mayor al del Ecuador, adicional a esto la metodología empleada tanto en España y en México es más avanzada que la de Ecuador, utilizando factores de emisión de acuerdo a las condiciones meteorológicas de cada uno, haciendo que la estimación sea mucho más aproximada a la realidad. La normativa aplicada en España es la EURO 6, por lo tanto, los vehículos cuentan con mejor tecnología para la disminución de emisiones y el combustible es de mejor calidad.

**En base a los resultados y los indicadores obtenidos se han planteado tres estrategias para la disminución de emisiones de contaminantes criterio en el país:**

- **Mejorar la calidad de combustible en el país.**

En el Ecuador la calidad del combustible es muy baja en comparación con los países que se observaron en el anterior análisis y con la Unión Europea, el diésel que se distribuye en el país contiene en promedio 227 ppm, aun así se encuentra dentro de la norma INEN 1489 que sostiene un límite máximo de 500 ppm igual que la normativa mexicana, estos niveles de azufre son los responsables de cierta forma de las emisiones tanto de NO<sub>x</sub>, PM<sub>10</sub> y PM<sub>2.5</sub>, mientras que en España el diésel tiene un contenido de azufre de 15 y hasta de 10 ppm, por lo tanto gran responsabilidad de reducción de emisiones de estos contaminantes dependen de la calidad de combustible, casos similares ocurren con el octanaje de las gasolinas, en el Ecuador se distribuyen gasolinas desde 87 octanos (gasolina extra) hasta los 92-93 octanos (gasolina súper) con contenido promedio de azufre de 394 ppm en la gasolina extra y 452 ppm en la gasolina súper con límites permisibles de 650 ppm en ambos casos. La gasolina en México tiene el mismo octanaje siendo la gasolina Magna de 87 octanos y la Premium de 92, mientras que en España y la Unión Europea cuenta con gasolinas tanto de 93, 95, 98 y hasta 100 octanos. El octanaje, adicional a ser la capacidad antidetonante de la gasolina es un indicador de la calidad de la misma, por lo tanto, a un mayor octanaje existirá mayor eficiencia en el funcionamiento del motor y por lo tanto la emisión de contaminantes se reduce. Por esta razón al plantear alternativas de reducción de emisiones no solo se debe tomar en cuenta la eficiencia de los motores, catalizadores o filtros de partículas, el combustible juega un papel fundamental (ICCT, 2017; INEN, 2013; Oscar Flores, Manuel Fabela, Carlos Blake, 2014).

- **Actualización a la aplicación de la Normativa Ambiental Europea (EURO).**

Permite una disminución de las emisiones de forma progresiva, el Ecuador está muy atrasado en cuanto a su aplicación, si bien en la Unión Europea se aplica la normativa EURO 6 con planificación para ascender a la EURO 7, en el Ecuador apenas se aplica la EURO 3 siendo mucho menos exigente, la aplicación de esta normativa depende tanto de los fabricantes automotrices y su desarrollo para disminución de emisiones de los automotores y también de la calidad de combustible y la infraestructura que implica desarrollar y distribuir el mismo. En nuestro país la gasolina súper no supera al menos los 95 octanos, en consecuencia, no es tan factible un ascenso al siguiente escalón de la normativa descrita, por lo tanto, implicaría un gasto en aditivos de combustible para mejorar la calidad, en consecuencia se tendrían que realizar los respectivos análisis en este campo para el ascenso a EURO 5 y posteriores, lo que disminuiría notablemente a mediano y largo plazo las emisiones de los automotores, las consecuencias de este ascenso se darían principalmente en las ensambladoras de fabricantes automotrices que operan en el país, más no en los vehículos que son importados que generalmente cumplen con estas exigencias. La Normativa actual EURO 6 exige a los automotores introducir catalizadores SCR (o reducción catalítica selectiva) que son catalizadores a base de urea más un convertidor catalítico que reduce dramáticamente las emisiones de NO<sub>x</sub> y también filtros de partículas que reducen significativamente los contaminantes, también exige a los vehículos a diésel la utilización de Adblue que es un sistema de depuración de gases mediante una disolución de urea que limita emisiones tanto de NO<sub>x</sub> y del material particulado, lineamientos que no se aplican aun en Ecuador. También se ha optado como medida de reducción la comercialización de automotores con turbo y de menor cilindraje, lo que permite aprovechar la energía que generan los gases al salir para aumentar la cantidad de aire que entra en los cilindros, incrementando el rendimiento y a su vez reduciendo emisiones.

La propuesta de un ascenso de la norma se podrá ejecutar siempre y cuando exista cierto consenso entre las partes involucradas, tanto fabricantes de automotores, consumidor, y desarrolladores de combustible, si una de las partes interesadas no contribuye a la causa no solamente se conservarán las emisiones, sino también causarán cierto desequilibrio en el funcionamiento de los vehículos, ya que su fabricación esta direccionada para cierto combustible y viceversa, por lo tanto podría



generar más gastos y conflictos (Luján et al., 2017; Sánchez Hernández, 2014)

- **Incentivar la renovación del parque automotor nacional y transporte público por vehículos híbridos y eléctricos.**

Si bien es cierto la movilidad se ha vuelto una problemática no solo en las grandes ciudades, sino en todas las extensiones del país por el aumento de vehículos matriculados año tras año, por lo tanto, una estrategia para disminuir emisiones podría ser una renovación del parque automotor nacional, hay que señalar que no es una solución fácil de ejecutar, pero se podría replantear a manera de incentivo la adquisición de automotores mucho más amigables con el medio ambiente, esto se podría lograr con la reducción de impuestos específicamente a vehículos híbridos y eléctricos, es necesario aclarar que esta propuesta trae varias consecuencias, una de ellas es la situación económica del país, añadido a eso; el Ecuador no cuenta con la tecnología suficiente de estaciones de carga que requieren estos vehículos al tener cierto kilometraje de autonomía, adicional a esto existe poca oferta de este tipo de vehículos de diferentes gamas en todo el país que esté al alcance de la población, que en otros países se ofrecen, por lo tanto se requiere de inversión tanto en estaciones de carga, y demás instrumentos de mantenimiento por parte de los fabricantes para poder realizar esta renovación del parque automotor. La inversión posteriormente se verá compensada por reducción de emisiones y los costos en combustible reducirán notablemente para el usuario.

Se puede complementar esta estrategia con la fabricación e importación de vehículos que cuenten con mejor tecnología para la emisión de contaminantes como por ejemplo la instalación de filtros de partículas, catalizadores SCR que son utilizados en Europa que reducen notablemente las emisiones CO, NO<sub>x</sub>, hidrocarburos no quemados y material particulado. (Fleetguard, 2010)

La renovación de la flota del transporte público de a poco se ha ido implementando en la capital del Ecuador y en ciertas ciudades del país, adquiriendo unidades completamente eléctricas, construcción de vías alternas como tranvías, vías subterráneas como en la ciudad de Quito, que en consecuencia no consumen combustible fósil, esta estrategia se plantea de la mano junto con la estrategia número uno ya mencionada, si existe una renovación de la flota del transporte público y si a todo este sistema se lo fortalece, haciéndolo mucho más eficiente en cuanto a su utilización aumentarán la cantidad de usuarios que utilicen dicho sistema

y por lo tanto se reducirá el uso de los vehículos particulares, por lo tanto, se disminuirán las emisiones del transporte público y a su vez se disminuirían emisiones de vehículos particulares que son las más problemáticas. Si bien es cierto la inversión para dichas estrategias puede ser bastante elevada, a largo plazo existiría un ahorro en lo que actualmente se invierte en combustible (Corporación Financiera Nacional, 2019).

#### **4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.**

## 4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 4.1 CONCLUSIONES

- Al analizar los datos de la cantidad de emisiones de gases tipo criterio de las fuentes móviles en el Ecuador se encontró que los principales causantes de dichas emisiones son los vehículos particulares pertenecientes a los hogares por la cantidad de vehículos matriculados y en circulación, en el período 2008-2017 el año de mayor contaminación fue el año 2008, el gas criterio más emitido fue el monóxido de carbono CO con un promedio de 601.032,59 toneladas al año ocupando un 77%, seguido de los óxidos de nitrógeno NOx con un promedio de 90.336,47 toneladas ocupando un 12% y posteriormente se encuentran a los compuestos orgánicos volátiles COV con un promedio anual de 78.031,03 toneladas ocupando un 10%, el restante del total es ocupado por el material particulado, y dióxido de azufre, esto se da porque en el parque automotor nacional se encuentra ocupado su mayor parte por vehículos particulares a gasolina que son las principales fuentes de emisión de CO.
- El 79% de emisiones de contaminantes criterio se emiten por automotores que utilizan gasolina como combustible, y el 21% restante por automotores que utilizan diésel como combustible, estos resultados se obtienen porque en el parque automotor nacional predominan los vehículos particulares que utilizan como combustible la gasolina.
- La actividad económica de la clasificación CIIU que emitió más contaminantes criterio en todos los años del período de análisis fue el código H, perteneciente al transporte y almacenamiento, en el año más crítico que fue el 2008 esta actividad económica fue la responsable de más del 20% del total de las emisiones de todos los sectores económicos del país, muy de cerca se encuentran los sectores de códigos CIIU G perteneciente al comercio y el código F perteneciente al comercio.
- Los hogares fueron los encargados de aportar más al total de emisiones en todos los años del período de análisis 2008-2017, año tras año fue la mayor fuente de emisión de contaminantes criterio (Superando a la actividad H del transporte y almacenamiento), por lo tanto, las propuestas de disminución deberían tener especial énfasis en este sector.

- Los indicadores bibliométricos, permitieron comparar las emisiones ecuatorianas con las de países que cuentan con mayor tecnología y legislación más restrictiva para reducción de las mismas, esto quiere decir que, sumando esfuerzos por parte de todas las partes involucradas en el transporte terrestre a nivel nacional, tanto; fabricantes de vehículos, usuarios, normativas y combustibles se puede reducir aún más la contaminación del parque automotor nacional.
- Las estrategias de disminución que se propusieron en el presente trabajo, fueron enfocadas hacia todas las partes involucradas en cuanto a emisiones de este tipo de contaminantes, tanto fabricante automotriz, importadores, usuario, desarrolladores y proveedores de combustible y organismo de control, el trabajo conjunto de todas estas partes interesadas para combatir esta problemática será vital para la disminución de contaminantes criterio ya que se complementan unas a otras, por lo tanto es responsabilidad de todos obtener a futuro una mejor calidad del aire.

## **4.2 RECOMENDACIONES**

- Para futuros inventarios de emisiones de fuentes móviles, se puede también incluir a la flota naval y/o a todas las unidades de transporte marítimo.
- Se podría mejorar la calidad de la clasificación del parque automotor nacional, esto permitiría un mejor desagregado de las clases automotrices y a su vez mucha más exactitud al momento de obtener las emisiones de cada clase.
- Los factores de emisión se podrían actualizar para futuros inventarios o cuentas económico-ambientales, lo ideal sería desarrollar factores de emisión propios del país, medidos y obtenidos con las condiciones geográficas y climáticas del Ecuador, esto mejoraría notablemente la calidad del inventario o cuenta.
- La desagregación de vehículos por sector es una alternativa a tomar en cuenta para futuros trabajos, al saber con exactitud el número de automotores que posee cada actividad económica junto con su respectiva clase de vehículo, se dejaría de utilizar el coeficiente técnico en base a los activos en vehículos y por lo tanto la emisión será mucho más cercana a la realidad.

## **BIBLIOGRAFÍA**

## BIBLIOGRAFÍA

- Almeida Maria. (2014). Política fiscal en favor del medio ambiente en el Ecuador: estimaciones preliminares. *Cepal*, 75.
- Amaral, G., Bushee, J., Cordani, U. G., & Reynolds, J. H. (2014). Inventario de emisiones contaminantes y de efecto invernadero. Zona Metropolitana del Valle de México. *Journal of Petrology*, 369(1). <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Carvajal Chávez, G., Medina Romo, S., Viteri Moya, J., & Salazar Reyes, R. (2017). Composición elemental de mezclas biodiésel-diésel y análisis de sus emisiones de combustión. *FIGEMPA: Investigación y Desarrollo*, 1(2), 21–28. <https://doi.org/10.29166/revfig.v1i2.66>
- Centro Internacional de Agricultura Tropical, Alcaldía de Santiago de Cali, DAGMA, C. (2015). Inventario de gases de efecto invernadero y contaminantes criterio para Santiago de Cali. *Inventario de Gases de Efecto Invernadero y Contaminantes Criterio*, 132.
- Corporación Financiera Nacional. (2019). *La Movilidad Eléctrica Arranca en el Ecuador*. Movilidad Eléctrica. <https://www.cfn.fin.ec/la-movilidad-electrica-arranca-en-ecuador/>
- Eugenia, M., Jaramillo, M., Núñez, M. E., & Ocampo, W. (2004). Inventario de emisiones de contaminantes atmosféricos convencionales en la zona de Cali-Yumbo. *Revista Facultad de Ingeniería Universidad de Antioquia*, unknown(31), 38–48.
- Fleetguard. (2010). *Fluido para Sistemas de Escape a Diesel ( DEF ) Preguntas y Respuestas*. 7. [https://www.cumminsfiltration.com/sites/default/files/MB10033-ES\\_0.pdf](https://www.cumminsfiltration.com/sites/default/files/MB10033-ES_0.pdf)
- Gaitán, M., & Cárdenas, P. A. (2017). *Guía para la elaboración de Inventarios de Emisiones Atmosféricas*. [http://www.minambiente.gov.co/images/AsuntosambientalesySectorialyUrbana/pdf/emisiones\\_atmosfericas\\_contaminantes/documentos\\_relacionados/GUIA\\_PARA\\_LA\\_ELABORACION\\_DE\\_INVENTARIOS\\_DE\\_EMISIONES\\_ATMOSFERICAS.pdf](http://www.minambiente.gov.co/images/AsuntosambientalesySectorialyUrbana/pdf/emisiones_atmosfericas_contaminantes/documentos_relacionados/GUIA_PARA_LA_ELABORACION_DE_INVENTARIOS_DE_EMISIONES_ATMOSFERICAS.pdf)
- Herrera, J. (2007). Inventario de emisiones de contaminantes criterio del aire. *Revista de Investigaciones Ambientales*, 48(2), 5–19.
- Herrera Murillo, J., Rodríguez Román, S., & Rojas Marín, J. F. (2012). Determinación de las emisiones de contaminantes del aire generadas por fuentes móviles en carreteras de Costa Rica. *Revista Tecnología En Marcha*, 25(1), 54. <https://doi.org/10.18845/tm.v25i1.176>
- ICCT. (2017). *Actualización de la NOM-044. Información para la toma de decisiones*.

- INEC. (2012). *Ciiu 4.0 Clasificación Nacional de Actividades Económicas*. 234. <http://aplicaciones2.ecuadorencifras.gob.ec/SIN/descargas/ciiu.pdf>
- INEC. (2017). *Vehículos Matriculados por Año*. Vehículos Matriculados, Serie Histórica. <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/?s=vehículos+matriculados>
- INEN. (2013). *NTE INEN 1489: "Productos derivados del petróleo. Diésel."*
- Isabel Gomez Caridad, M. B. (2009). *De Los Indicadores Bibliométricos Para La Evaluación Científica*. <https://digital.csic.es/bitstream/10261/9813/1/20090122134420909.pdf>
- Luján, J. M., Dolz, V., Monsalve-Serrano, J., & López-Cascant, J. A. (2017). Nueva normativa anticontaminante en vehículos diésel Euro 6. *Tecnica Industrial*, 318, 28–33. <https://doi.org/10.23800/9939>
- Mancera, M., Müller, T., & Sarmiento, J. (2012). *Inventario de emisiones contaminantes y de efecto invernadero. Zona Metropolitana del Valle de México*. 3, 122.
- Ministerio de Ambiente del Ecuador. (2016a). *CEA boletín 2016*. <https://www.ambiente.gob.ec/biblioteca/>
- Ministerio de Ambiente del Ecuador. (2016b). *Cuenta de emisiones al aire - metodología - febrero2016*. <https://www.ambiente.gob.ec/biblioteca/>
- MITECO, M. para la transición ecológica y el reto demográfico. (2020). *Informative Inventory Report*. 550. [https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/sistema-espanol-de-inventario-sei-/spain\\_2020-necd-iir\\_tcm30-508111.pdf](https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/sistema-espanol-de-inventario-sei-/spain_2020-necd-iir_tcm30-508111.pdf)
- Naciones Unidas. (2013). *Sistema de Contabilidad Ambiental y Económica para el agua* (Vol. 1). <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Ortiz, M. (2014). *Estudio Comparativo del Uso del Diesel Entre Europa y Ecuador , Utilizado para Motores de Vehículos . Mario Andrés Ortiz Vallejo Facultad de Ingeniería en Mecánica Automotriz Universidad Internacional del Ecuador Certificado de autenticidad : 1, 111*. <http://repositorio.uide.edu.ec/bitstream/37000/610/1/T-UIDE-0560.pdf>
- Oscar Flores, Manuel Fabela, Carlos Blake, D. V. (2014). *Regulación de emsiones contaminantes de los motores de combustión interna*. Instituto Mexicano Del Transporte, Publicación Bimestral de Divulgación Externa. <https://imt.mx/resumen-boletines.html?IdArticulo=396&IdBoletin=149>
- Palacios Espinoza, E., & Espinoza Molina, C. (2014). *Contaminación del aire exterior. Cuenca - Ecuador,2009 - 2013. Posibles efectos en la salud*. 32(2), 6–17.
- Sánchez Hernández, Á. (2014). Nuevo reglamento Euro 5 y Euro 6. *CESVIMAP 72. Electromecánica*, 2, 48–51. <http://www.appcesvimap.com/revista/revista72/pdfs/Electromecanica.pdf>



- Secretaría de Ambiente del Distrito Metropolitano de Quito. (2011). *Norma Ecuatoriana de Calidad del Aire*. 7–9.
- Secretaría de Ambiente del Distrito Metropolitano de Quito. (2012a). *Análisis De Combustibles Del Distrito Metropolitano De Quito: Campaña Marzo 2012*. 1–26. <http://www.quitoambiente.gob.ec/ambiente/index.php/biblioteca-digital/category/5-patrimonio-natural?download=59:resultados-analisis-de-combustibles-marzo-2012-v1%0Ahttp://www.quitoambiente.gob.ec/ambiente/index.php/biblioteca-digital/category/5-patrimonio>
- Secretaría de Ambiente del Distrito Metropolitano de Quito. (2012b). *Norma Técnica Para Combustibles De Uso Automotriz Que Se Expenden*. 1–5.
- Secretaría de Ambiente del Distrito Metropolitano de Quito. (2014). *Inventario de Emisiones de Contaminantes Criterio, DMQ 2011*. 54. [http://190.11.24.214/Secretaria\\_Ambiente/Informe/Informe\\_Final\\_IE\\_Criterio\\_DMQ\\_2011.pdf](http://190.11.24.214/Secretaria_Ambiente/Informe/Informe_Final_IE_Criterio_DMQ_2011.pdf)
- SEDEMA. (2016). *Inventario de Emisiones de la Ciudad de Mexico 2016 (Reporte)*. 111. [www.sedema.cdmx.gob.mx](http://www.sedema.cdmx.gob.mx)
- Simon Eggleston, Leandro Buendia, K. M. (2006). *Directrices del IPCC Para inventarios nacionales de gases de efecto invernadero*. 18.
- Sistema de Contabilidad Ambiental Nacional. (2012a). *Cuenta de Emisiones al Aire*. <https://www.ambiente.gob.ec/biblioteca/>
- Sistema de Contabilidad Ambiental Nacional. (2012b). *Cuenta de Emisiones al Aire 2008-2011*.
- SUPERCIAS. (2017). *Estados Financieros por Rama*. Estados Financieros Por Rama. [https://reporteria.supercias.gob.ec/portal/cgi-bin/cognos.cgi?b\\_action=cognosViewer&ui.action=run&ui.object=%2Fcontent%2Ffolder%5B%40name%3D%27Reportes%27%5D%2Ffolder%5B%40name%3D%27Estados Financieros%27%5D%2Freport%5B%40name%3D%27Estados Financieros x R](https://reporteria.supercias.gob.ec/portal/cgi-bin/cognos.cgi?b_action=cognosViewer&ui.action=run&ui.object=%2Fcontent%2Ffolder%5B%40name%3D%27Reportes%27%5D%2Ffolder%5B%40name%3D%27Estados Financieros%27%5D%2Freport%5B%40name%3D%27Estados Financieros x R)
- Tyler, N. (2013). *Marco Teórico de contaminación atmosférica en Colombia*. 100.
- Vega, D., Ocaña, L., & Parra Narváez, R. (2015). Inventario de emisiones atmosféricas del tráfico vehicular en el Distrito Metropolitano de Quito. Año base 2012. *ACI Avances En Ciencias e Ingenierías*, 7(2). <https://doi.org/10.18272/aci.v7i2.270>
- Velasco, B., Eiros Bouza, J. M., Pinilla, J. M., & San Román, J. A. (2012). La utilización de los indicadores bibliométricos para evaluar la actividad investigadora. *Aula Abierta*, 40(2), 75–84. <http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3920967&info=resumen&idoma=ENG>

**ANEXOS**

## ANEXO 1. CLASIFICACIÓN DEL PARQUE AUTOMOTOR, KILOMETRAJE RECORRIDO, FACTORES DE EMISIÓN, TOTAL DE EMISIONES POR SECTOR Y ACTIVIDAD ECONÓMICA.

**La contabilización y clasificación del parque automotor nacional, el kilometraje recorrido por el total de vehículos, factores de emisión por vehículo y combustible, totales de emisión por actividad económica CIU y por sector, tablas de diagramas de Pareto y de control, se encuentran en el anexo del archivo de Excel: “Emisiones de fuentes móviles 2008-2017.xlsx”.**

## ANEXO 2. RECORRIDO PROMEDIO ANUAL (km/VEHÍCULO)

Año de fabricación/Modelo	Automóvil	Autobús	Camión	Camioneta	Furgoneta C	Furgoneta P	Jeep	Motocicleta	Tanquero	Tráiler	Volqueta	Automóvil Alquiler
<2003	22266	90000	80000	22266	90000	90000	22266	22266	80000	80000	80000	77400
2004	22266	90000	80000	22266	90000	90000	22266	22266	80000	80000	80000	77400
2005	22266	90000	80000	22266	90000	90000	22266	22266	80000	80000	80000	77400
2006	22266	90000	80000	22266	90000	90000	22266	22266	80000	80000	80000	77400
2007	22266	90000	80000	22266	90000	90000	22266	22266	80000	80000	80000	77400
2008	22266	90000	80000	22266	90000	90000	22266	22266	80000	80000	80000	77400
2009	22266	90000	80000	22266	90000	90000	22266	22266	80000	80000	80000	77400
2010	22266	90000	80000	22266	90000	90000	22266	22266	80000	80000	80000	77400
2011	22266	90000	80000	22266	90000	90000	22266	22266	80000	80000	80000	77400
2012	22266	90000	80000	22266	90000	90000	22266	22266	80000	80000	80000	77400
2013	22266	90000	80000	22266	90000	90000	22266	22266	80000	80000	80000	77400
2014	22266	90000	80000	22266	90000	90000	22266	22266	80000	80000	80000	77400
2015	22266	90000	80000	22266	90000	90000	22266	22266	80000	80000	80000	77400
2016	22266	90000	80000	22266	90000	90000	22266	22266	80000	80000	80000	77400
2017	22266	90000	80000	22266	90000	90000	22266	22266	80000	80000	80000	77400
2018	22266	90000	80000	22266	90000	90000	22266	22266	80000	80000	80000	77400

### ANEXO 3. EMISIONES DE MONÓXIDO DE CARBONO (CO) POR AÑO Y POR SECTOR.

2017			
EMISIONES POR SECTOR-COMBUSTIBLE			
COMBUSTIBLE	SECTOR	Toneladas (t)	Total (t)
Gasolina	Particular	349.949,793	357.155,319
	Alquiler	3.109,180	
	Estado	3.962,517	
	Otros	133,828	
Diésel	Particular	41.425,847	72.530,639
	Alquiler	29.395,484	
	Estado	1.695,009	
	Otros	14,299	
TOTAL		429.685,958	

2016			
EMISIONES POR SECTOR-COMBUSTIBLE			
COMBUSTIBLE	SECTOR	Toneladas (t)	Total (t)
Gasolina	Particular	379.887,629	391.070,575
	Alquiler	6.801,176	
	Estado	3.191,052	
	Gob. Seccionales	70,114	
	Municipio	870,274	
	Otros	250,330	
	Diésel	Particular	
Alquiler		22.305,467	
Estado		940,931	
Gob. Seccionales		91,318	
Municipio		457,902	
Otros		4,243	
TOTAL		456.220,154	

2015			
EMISIONES POR SECTOR-COMBUSTIBLE			
COMBUSTIBLE	SECTOR	Toneladas (t)	Total (t)
Gasolina	Particular	416.234,875	429.856,824
	Alquiler	8.465,529	
	Estado	4.469,595	
	Gob. Seccionales	47,263	
	Municipio	572,765	
	Otros	66,798	
Diésel	Particular	40.327,916	65.278,100
	Alquiler	22.584,413	
	Estado	1.773,094	
	Gob. Seccionales	130,093	
	Municipio	444,501	
	Otros	18,084	
TOTAL		495.134,925	

2014			
EMISIONES POR SECTOR-COMBUSTIBLE			
COMBUSTIBLE	SECTOR	Toneladas (t)	Total (t)
Gasolina	Particular	455.242,018	464.631,038
	Alquiler	3.435,110	
	Estado	4.608,357	
	Gob. Seccionales	85,082	
	Municipio	1.206,672	
	Otros	53,799	
Diésel	Particular	89.287,134	129.406,433
	Alquiler	35.164,307	
	Estado	3.017,072	
	Gob. Seccionales	359,654	
	Municipio	1.578,265	
	Otros	0,000	
TOTAL		594.037,471	

2013			
EMISIONES POR SECTOR-COMBUSTIBLE			
COMBUSTIBLE	SECTOR	Toneladas (t)	Total (t)
Gasolina	Particular	535.823,845	547.084,677
	Alquiler	5.489,388	
	Estado	4.306,034	
	Gob. Seccionales	87,674	
	Municipio	1.227,329	
	Otros	150,407	
Diésel	Particular	55.043,293	76.189,877
	Alquiler	18.747,263	
	Estado	1.300,043	
	Gob. Seccionales	217,975	
	Municipio	798,354	
	Otros	82,949	
TOTAL		623.274,554	

2012			
EMISIONES POR SECTOR-COMBUSTIBLE			
COMBUSTIBLE	SECTOR	Toneladas (t)	Total (t)
Gasolina	Particular	530.590,603	542.837,319
	Alquiler	6.559,936	
	Estado	4.027,751	
	Gob. Seccionales	86,716	
	Municipio	1.444,246	
	Otros	128,068	
Diésel	Particular	56.050,573	76.524,395
	Alquiler	18179,377	
	Estado	1.233,731	
	Gob. Seccionales	164,621	
	Municipio	824,424	
	Otros	71,669	
TOTAL		619.361,715	

2011			
EMISIONES POR SECTOR-COMBUSTIBLE			
COMBUSTIBLE	SECTOR	Toneladas (t)	Total (t)
Gasolina	Particular	563.806,150	577.516,904
	Alquiler	9.101,906	
	Estado	3.730,605	
	Gob. Seccionales	70,747	
	Municipio	672,931	
	Otros	134,565	
Diésel	Particular	61.262,149	80.380,765
	Alquiler	16.937,209	
	Estado	1.195,102	
	Gob. Seccionales	105,301	
	Municipio	762,858	
	Otros	118,147	
TOTAL		657.897,670	

2010			
EMISIONES POR SECTOR-COMBUSTIBLE			
COMBUSTIBLE	SECTOR	Toneladas (t)	Total (t)
Gasolina	Particular	627.519,053	644.047,366
	Alquiler	10.616,181	
	Estado	4.895,895	
	Gob. Seccionales	35,135	
	Municipio	872,155	
	Otros	108,947	
Diésel	Particular	76.717,945	94.801,377
	Alquiler	15.080,532	
	Estado	1.662,974	
	Gob. Seccionales	58,521	
	Municipio	1.157,557	
	Otros	123,849	
TOTAL		738.848,743	

2009			
EMISIONES POR SECTOR-COMBUSTIBLE			
COMBUSTIBLE	SECTOR	Toneladas (t)	Total (t)
Gasolina	Particular	552.052,995	568.936,417
	Alquiler	12.165,205	
	Estado	3.791,672	
	Gob. Seccionales	19,019	
	Municipio	861,462	
	Otros	46,065	
Diésel	Particular	66.449,051	87.663,902
	Alquiler	18.762,109	
	Estado	1.471,752	
	Gob. Seccionales	46,995	
	Municipio	865,588	
	Otros	68,407	
TOTAL		656.600,319	

2008			
EMISIONES POR SECTOR-COMBUSTIBLE			
COMBUSTIBLE	SECTOR	Toneladas (t)	Total (t)
Gasolina	Particular	618.184,513	638.949,017
	Alquiler	15.962,697	
	Estado	3.742,568	
	Gob. Seccionales	12,272	
	Municipio	969,039	
	Otros	77,928	
Diésel	Particular	75.700,381	100.315,390
	Alquiler	22.325,814	
	Estado	1.273,611	
	Gob. Seccionales	25,232	
	Municipio	906,873	
	Otros	83,479	
TOTAL		739.264,407	739.264,407



## ANEXO 4. EMISIONES DE ÓXIDOS DE NITRÓGENO (NO<sub>x</sub>) POR AÑO Y POR SECTOR.

2017			
EMISIONES POR SECTOR-COMBUSTIBLE			
COMBUSTIBLE	SECTOR	Toneladas (t)	Total (t)
Gasolina	Particular	20.456,887	20.875,854
	Alquiler	242,507	
	Estado	160,245	
	Otros	16,216	
Diésel	Particular	29.850,960	51.100,939
	Alquiler	20.033,949	
	Estado	1.207,024	
	Otros	9,006	
TOTAL		71.976,793	

2016			
EMISIONES POR SECTOR-COMBUSTIBLE			
COMBUSTIBLE	SECTOR	Toneladas (t)	Total (t)
Gasolina	Particular	20.942,090	22.119,297
	Alquiler	960,322	
	Estado	151,236	
	Gob. Seccionales	3,975	
	Municipio	36,534	
	Otros	25,139	
	Diésel	Particular	
Alquiler		15.230,296	
Estado		627,268	
Gob. Seccionales		67,952	
Municipio		357,996	
Otros		2,172	
TOTAL		68.207,621	

2015			
EMISIONES POR SECTOR-COMBUSTIBLE			
COMBUSTIBLE	SECTOR	Toneladas (t)	Total (t)
Gasolina	Particular	22.826,352	24.342,567
	Alquiler	1.257,900	
	Estado	228,369	
	Gob. Seccionales	2,555	
	Municipio	25,828	
	Otros	1,564	
Diésel	Particular	29.299,856	46.639,465
	Alquiler	15.608,302	
	Estado	1.278,907	
	Gob. Seccionales	100,468	
	Municipio	339,163	
	Otros	12,769	
TOTAL		70.982,032	

2014			
EMISIONES POR SECTOR-COMBUSTIBLE			
COMBUSTIBLE	SECTOR	Toneladas (t)	Total (t)
Gasolina	Particular	26.147,099	26.948,523
	Alquiler	433,009	
	Estado	280,610	
	Gob. Seccionales	5,129	
	Municipio	79,926	
	Otros	2,751	
Diésel	Particular	64.052,427	92.362,775
	Alquiler	24.776,027	
	Estado	2.028,865	
	Gob. Seccionales	276,624	
	Municipio	1.228,832	
	Otros	0,000	
TOTAL		119.311,298	119.311,298

2013			
EMISIONES POR SECTOR-COMBUSTIBLE			
COMBUSTIBLE	SECTOR	Toneladas (t)	Total (t)
Gasolina	Particular	30.244,931	31.331,297
	Alquiler	825,757	
	Estado	199,410	
	Gob. Seccionales	4,120	
	Municipio	41,493	
	Otros	15,587	
Diésel	Particular	38.571,666	53.305,649
	Alquiler	12.996,530	
	Estado	886,617	
	Gob. Seccionales	171,413	
	Municipio	615,485	
	Otros	63,938	
TOTAL		84.636,946	

2012			
EMISIONES POR SECTOR-COMBUSTIBLE			
COMBUSTIBLE	SECTOR	Toneladas (t)	Total (t)
Gasolina	Particular	31.237,622	32.441,359
	Alquiler	958,652	
	Estado	189,876	
	Gob. Seccionales	3,667	
	Municipio	39,792	
	Otros	11,749	
Diésel	Particular	39.150,922	53.203,174
	Alquiler	12.397,182	
	Estado	851,449	
	Gob. Seccionales	119,180	
	Municipio	627,725	
	Otros	56,716	
TOTAL		85.644,533	

2011			
EMISIONES POR SECTOR-COMBUSTIBLE			
COMBUSTIBLE	SECTOR	Toneladas (t)	Total (t)
Gasolina	Particular	31.854,794	33.147,993
	Alquiler	1.045,975	
	Estado	194,738	
	Gob. Seccionales	3,614	
	Municipio	36,223	
	Otros	12,648	
Diésel	Particular	42.522,227	55.895,894
	Alquiler	11.820,455	
	Estado	806,709	
	Gob. Seccionales	82,909	
	Municipio	573,709	
	Otros	89,885	
TOTAL		89.043,887	

2010			
EMISIONES POR SECTOR-COMBUSTIBLE			
COMBUSTIBLE	SECTOR	Toneladas (t)	Total (t)
Gasolina	Particular	40.552,667	42.066,116
	Alquiler	1.100,034	
	Estado	330,381	
	Gob. Seccionales	2,083	
	Municipio	71,766	
	Otros	9,185	
Diésel	Particular	52.228,070	64.817,082
	Alquiler	10.474,109	
	Estado	1.112,739	
	Gob. Seccionales	42,033	
	Municipio	877,503	
	Otros	82,629	
TOTAL		106.883,199	

2009			
EMISIONES POR SECTOR-COMBUSTIBLE			
COMBUSTIBLE	SECTOR	Toneladas (t)	Total (t)
Gasolina	Particular	36.469,071	38.002,502
	Alquiler	1.153,737	
	Estado	303,580	
	Gob. Seccionales	1,454	
	Municipio	71,344	
	Otros	3,316	
Diésel	Particular	44.944,259	59.508,956
	Alquiler	12.847,540	
	Estado	1.008,694	
	Gob. Seccionales	32,013	
	Municipio	629,819	
	Otros	46,630	
TOTAL		97.511,457	

2008			
EMISIONES POR SECTOR-COMBUSTIBLE			
COMBUSTIBLE	SECTOR	Toneladas (t)	Total (t)
Gasolina	Particular	39.897,097	41.583,874
	Alquiler	1.314,510	
	Estado	285,560	
	Gob. Seccionales	1,019	
	Municipio	80,627	
	Otros	5,060	
Diésel	Particular	50.710,870	67.583,061
	Alquiler	15.294,732	
	Estado	865,798	
	Gob. Seccionales	16,508	
	Municipio	644,052	
	Otros	51,101	
TOTAL		109.166,935	

## ANEXO 5. EMISIONES DE MATERIAL PARTICULADO PM<sub>10</sub> POR AÑO Y POR SECTOR.

2017			
EMISIONES POR SECTOR-COMBUSTIBLE			
COMBUSTIBLE	SECTOR	Toneladas (t)	Total (t)
Gasolina	Particular	427,570	438,023
	Alquiler	5,173	
	Estado	5,068	
	Otros	0,212	
Diésel	Particular	1.502,543	2.748,477
	Alquiler	1.186,237	
	Estado	59,191	
	Otros	0,507	
TOTAL		3.186,500	

2016			
EMISIONES POR SECTOR-COMBUSTIBLE			
COMBUSTIBLE	SECTOR	Toneladas (t)	Total (t)
Gasolina	Particular	450,225	486,981
	Alquiler	31,580	
	Estado	3,716	
	Gob. Seccionales	0,099	
	Municipio	1,058	
	Otros	0,303	
	Diésel	Particular	
Alquiler		922,686	
Estado		36,496	
Gob. Seccionales		3,133	
Municipio		13,783	
Otros		0,184	
TOTAL		2.982,159	

2015			
EMISIONES POR SECTOR-COMBUSTIBLE			
COMBUSTIBLE	SECTOR	Toneladas (t)	Total (t)
Gasolina	Particular	463,739	511,328
	Alquiler	41,682	
	Estado	5,122	
	Gob. Seccionales	0,056	
	Municipio	0,674	
	Otros	0,055	
	Diésel	Particular	
Alquiler		931,577	
Estado		57,789	
Gob. Seccionales		4,106	
Municipio		15,871	
Otros		0,829	
TOTAL		2.970,605	

2014			
EMISIONES POR SECTOR-COMBUSTIBLE			
COMBUSTIBLE	SECTOR	Toneladas (t)	Total (t)
Gasolina	Particular	450,029	470,246
	Alquiler	13,123	
	Estado	5,491	
	Gob. Seccionales	0,093	
	Municipio	1,480	
	Otros	0,031	
	Diésel	Particular	
Alquiler		1.421,695	
Estado		108,507	
Gob. Seccionales		11,359	
Municipio		55,576	
Otros		0,000	
TOTAL		5.435,427	5.435,427

2013			
EMISIONES POR SECTOR-COMBUSTIBLE			
COMBUSTIBLE	SECTOR	Toneladas (t)	Total (t)
Gasolina	Particular	499,030	531,270
	Alquiler	27,268	
	Estado	3,708	
	Gob. Seccionales	0,069	
	Municipio	0,995	
	Otros	0,200	
Diésel	Particular	2.151,874	3.024,017
	Alquiler	785,204	
	Estado	49,936	
	Gob. Seccionales	6,745	
	Municipio	27,113	
	Otros	3,145	
TOTAL		3.555,287	

2012			
EMISIONES POR SECTOR-COMBUSTIBLE			
COMBUSTIBLE	SECTOR	Toneladas (t)	Total (t)
Gasolina	Particular	491,482	526,664
	Alquiler	30,747	
	Estado	3,422	
	Gob. Seccionales	0,065	
	Municipio	0,804	
	Otros	0,144	
Diésel	Particular	2.196,625	3.071,869
	Alquiler	789,223	
	Estado	47,904	
	Gob. Seccionales	6,060	
	Municipio	29,516	
	Otros	2,540	
TOTAL		3.598,533	



2011			
EMISIONES POR SECTOR-COMBUSTIBLE			
COMBUSTIBLE	SECTOR	Toneladas (t)	Total (t)
Gasolina	Particular	499,850	532,184
	Alquiler	28,396	
	Estado	3,138	
	Gob. Seccionales	0,054	
	Municipio	0,590	
	Otros	0,156	
Diésel	Particular	2.428,456	3.267,676
	Alquiler	754,396	
	Estado	49,560	
	Gob. Seccionales	3,091	
	Municipio	28,213	
	Otros	3,959	
TOTAL		3.799,860	

2010			
EMISIONES POR SECTOR-COMBUSTIBLE			
COMBUSTIBLE	SECTOR	Toneladas (t)	Total (t)
Gasolina	Particular	494,687	526,605
	Alquiler	26,771	
	Estado	4,240	
	Gob. Seccionales	0,022	
	Municipio	0,800	
	Otros	0,086	
Diésel	Particular	3.256,736	4.054,529
	Alquiler	71,694	
	Estado	667,292	
	Gob. Seccionales	2,038	
	Municipio	51,148	
	Otros	5,621	
TOTAL		4.581,134	

2009			
EMISIONES POR SECTOR-COMBUSTIBLE			
COMBUSTIBLE	SECTOR	Toneladas (t)	Total (t)
Gasolina	Particular	413,099	441,232
	Alquiler	23,993	
	Estado	3,318	
	Gob. Seccionales	0,014	
	Municipio	0,775	
	Otros	0,033	
Diésel	Particular	2.837,700	3.798,964
	Alquiler	856,909	
	Estado	64,109	
	Gob. Seccionales	1,760	
	Municipio	35,829	
	Otros	2,657	
TOTAL		4.240,196	

2008			
EMISIONES POR SECTOR-COMBUSTIBLE			
COMBUSTIBLE	SECTOR	Toneladas (t)	Total (t)
Gasolina	Particular	442,423	469,294
	Alquiler	22,995	
	Estado	2,992	
	Gob. Seccionales	0,008	
	Municipio	0,827	
	Otros	0,050	
Diésel	Particular	3.287,675	4.463,030
	Alquiler	1.069,541	
	Estado	61,440	
	Gob. Seccionales	0,951	
	Municipio	39,788	
	Otros	3,636	
TOTAL		4.932,324	

## ANEXO 6. EMISIONES DE MATERIAL PARTICULADO PM<sub>2.5</sub> POR AÑO Y POR SECTOR.

2017			
EMISIONES POR SECTOR-COMBUSTIBLE			
COMBUSTIBLE	SECTOR	Toneladas (t)	Total (t)
Gasolina	Particular	233,348	239,427
	Alquiler	3,218	
	Estado	2,743	
	Otros	0,118	
Diésel	Particular	1.199,875	1.935,667
	Alquiler	691,573	
	Estado	43,904	
	Otros	0,315	
TOTAL		2.175,094	

2016			
EMISIONES POR SECTOR-COMBUSTIBLE			
COMBUSTIBLE	SECTOR	Toneladas (t)	Total (t)
Gasolina	Particular	258,324	272,488
	Alquiler	11,303	
	Estado	1,975	
	Gob. Seccionales	0,053	
	Municipio	0,583	
	Otros	0,250	
	Diésel	Particular	
Alquiler		500,653	
Estado		24,673	
Gob. Seccionales		2,607	
Municipio		11,375	
Otros		0,100	
TOTAL			2.018,169

2015			
EMISIONES POR SECTOR-COMBUSTIBLE			
COMBUSTIBLE	SECTOR	Toneladas (t)	Total (t)
Gasolina	Particular	282,638	301,099
	Alquiler	15,071	
	Estado	2,959	
	Gob. Seccionales	0,028	
	Municipio	0,370	
	Otros	0,032	
	Diésel	Particular	
Alquiler		512,102	
Estado		41,872	
Gob. Seccionales		3,252	
Municipio		12,978	
Otros		0,418	
TOTAL			2.030,942

2014			
EMISIONES POR SECTOR-COMBUSTIBLE			
COMBUSTIBLE	SECTOR	Toneladas (t)	Total (t)
Gasolina	Particular	260,123	268,633
	Alquiler	4,791	
	Estado	2,890	
	Gob. Seccionales	0,051	
	Municipio	0,755	
	Otros	0,022	
	Diésel	Particular	
Alquiler		863,265	
Estado		70,681	
Gob. Seccionales		9,544	
Municipio		47,027	
Otros		0,000	
TOTAL			3.969,215

2013			
EMISIONES POR SECTOR-COMBUSTIBLE			
COMBUSTIBLE	SECTOR	Toneladas (t)	Total (t)
Gasolina	Particular	348,852	361,587
	Alquiler	9,698	
	Estado	2,330	
	Gob. Seccionales	0,041	
	Municipio	0,549	
	Otros	0,117	
Diésel	Particular	1.718,583	2.242,197
	Alquiler	461,217	
	Estado	31,951	
	Gob. Seccionales	5,634	
	Municipio	22,154	
	Otros	2,656	
TOTAL		2.603,784	

2012			
EMISIONES POR SECTOR-COMBUSTIBLE			
COMBUSTIBLE	SECTOR	Toneladas (t)	Total (t)
Gasolina	Particular	341,490	355,292
	Alquiler	11,055	
	Estado	2,183	
	Gob. Seccionales	0,040	
	Municipio	0,435	
	Otros	0,089	
Diésel	Particular	1.752,913	2.238,882
	Alquiler	424,395	
	Estado	30,431	
	Gob. Seccionales	4,896	
	Municipio	24,066	
	Otros	2,181	
TOTAL		2.594,174	

2011			
EMISIONES POR SECTOR-COMBUSTIBLE			
COMBUSTIBLE	SECTOR	Toneladas (t)	Total (t)
Gasolina	Particular	350,577	363,851
	Alquiler	10,808	
	Estado	2,025	
	Gob. Seccionales	0,034	
	Municipio	0,319	
	Otros	0,089	
Diésel	Particular	1.933,084	2.392,717
	Alquiler	400,466	
	Estado	30,299	
	Gob. Seccionales	2,532	
	Municipio	23,004	
	Otros	3,332	
TOTAL		2.756,568	

2010			
EMISIONES POR SECTOR-COMBUSTIBLE			
COMBUSTIBLE	SECTOR	Toneladas (t)	Total (t)
Gasolina	Particular	347,425	361,139
	Alquiler	10,763	
	Estado	2,505	
	Gob. Seccionales	0,015	
	Municipio	0,389	
	Otros	0,043	
Diésel	Particular	2.600,502	3.043,364
	Alquiler	358,364	
	Estado	44,584	
	Gob. Seccionales	1,619	
	Municipio	33,866	
	Otros	4,428	
TOTAL		3.404,502	

2009			
EMISIONES POR SECTOR-COMBUSTIBLE			
COMBUSTIBLE	SECTOR	Toneladas (t)	Total (t)
Gasolina	Particular	295,923	308,383
	Alquiler	10,041	
	Estado	2,019	
	Gob. Seccionales	0,006	
	Municipio	0,373	
	Otros	0,021	
Diésel	Particular	2.262,287	2.856,944
	Alquiler	521,947	
	Estado	40,432	
	Gob. Seccionales	1,415	
	Municipio	28,714	
	Otros	2,149	
TOTAL		3.165,327	

2008			
EMISIONES POR SECTOR-COMBUSTIBLE			
COMBUSTIBLE	SECTOR	Toneladas (t)	Total (t)
Gasolina	Particular	316,272	329,157
	Alquiler	10,481	
	Estado	1,854	
	Gob. Seccionales	0,003	
	Municipio	0,513	
	Otros	0,033	
Diésel	Particular	2.601,596	3.263,141
	Alquiler	587,901	
	Estado	38,360	
	Gob. Seccionales	0,778	
	Municipio	31,562	
	Otros	2,944	
TOTAL		3.592,299	

## ANEXO 7. EMISIONES DE COMPUESTOS ORGÁNICOS VOLÁTILES (COV) POR AÑO Y POR SECTOR.

2017			
EMISIONES POR SECTOR-COMBUSTIBLE			
COMBUSTIBLE	SECTOR	Toneladas (t)	Total (t)
Gasolina	Particular	40.040,888	40.832,439
	Alquiler	304,628	
	Estado	475,889	
	Otros	11,034	
Diésel	Particular	7.740,881	14.373,392
	Alquiler	6.294,936	
	Estado	334,113	
	Otros	3,462	
TOTAL		55.205,831	

2016			
EMISIONES POR SECTOR-COMBUSTIBLE			
COMBUSTIBLE	SECTOR	Toneladas (t)	Total (t)
Gasolina	Particular	43.037,616	44.877,641
	Alquiler	1.348,705	
	Estado	379,546	
	Gob. Seccionales	6,588	
	Municipio	87,777	
	Otros	17,408	
	Diésel	Particular	
Alquiler		4.934,371	
Estado		200,064	
Gob. Seccionales		15,946	
Municipio		89,895	
Otros		1,594	
TOTAL		57.917,899	



2015			
EMISIONES POR SECTOR-COMBUSTIBLE			
COMBUSTIBLE	SECTOR	Toneladas (t)	Total (t)
Gasolina	Particular	47.403,053	49.738,009
	Alquiler	1.732,210	
	Estado	521,959	
	Gob. Seccionales	6,032	
	Municipio	58,794	
	Otros	15,962	
	Diésel	Particular	
Alquiler		5.011,630	
Estado		360,978	
Gob. Seccionales		25,435	
Municipio		82,919	
Otros		3,690	
TOTAL		62.893,080	

2014			
EMISIONES POR SECTOR-COMBUSTIBLE			
COMBUSTIBLE	SECTOR	Toneladas (t)	Total (t)
Gasolina	Particular	52.821,792	54.031,846
	Alquiler	534,629	
	Estado	538,892	
	Gob. Seccionales	8,800	
	Municipio	123,485	
	Otros	4,249	
	Diésel	Particular	
Alquiler		7.027,290	
Estado		627,561	
Gob. Seccionales		63,678	
Municipio		283,575	
Otros		0,000	
TOTAL		77.076,827	

2013			
EMISIONES POR SECTOR-COMBUSTIBLE			
COMBUSTIBLE	SECTOR	Toneladas (t)	Total (t)
Gasolina	Particular	64.318,955	66.997,502
	Alquiler	1.179,947	
	Estado	1.093,129	
	Gob. Seccionales	18,791	
	Municipio	372,482	
	Otros	14,198	
Diésel	Particular	9.908,038	14.384,514
	Alquiler	3.992,905	
	Estado	276,569	
	Gob. Seccionales	40,338	
	Municipio	151,212	
	Otros	15,452	
TOTAL		81.382,016	

2012			
EMISIONES POR SECTOR-COMBUSTIBLE			
COMBUSTIBLE	SECTOR	Toneladas (t)	Total (t)
Gasolina	Particular	64.932,457	67.617,262
	Alquiler	1.385,540	
	Estado	997,565	
	Gob. Seccionales	19,336	
	Municipio	268,478	
	Otros	13,887	
Diésel	Particular	10.065,876	14.512,198
	Alquiler	3.991,447	
	Estado	259,869	
	Gob. Seccionales	28,152	
	Municipio	153,413	
	Otros	13,441	
TOTAL		82.129,460	

2011			
EMISIONES POR SECTOR- COMBUSTIBLE			
COMBUSTIBLE	SECTOR	Toneladas (t)	Total (t)
Gasolina	Particular	72.387,083	75.006,176
	Alquiler	1.596,931	
	Estado	837,907	
	Gob. Seccionales	15,786	
	Municipio	154,027	
	Otros	14,442	
Diésel	Particular	10.825,815	14.937,569
	Alquiler	3.682,441	
	Estado	247,628	
	Gob. Seccionales	20,255	
	Municipio	140,800	
	Otros	20,630	
TOTAL		89.943,745	

2010			
EMISIONES POR SECTOR- COMBUSTIBLE			
COMBUSTIBLE	SECTOR	Toneladas (t)	Total (t)
Gasolina	Particular	76.216,154	78.937,859
	Alquiler	1.766,305	
	Estado	817,442	
	Gob. Seccionales	5,958	
	Municipio	119,876	
	Otros	12,125	
Diésel	Particular	12.893,170	16.779,405
	Alquiler	3.299,367	
	Estado	343,237	
	Gob. Seccionales	10,076	
	Municipio	214,417	
	Otros	19,138	
TOTAL		95.717,264	95.717,264

2009			
EMISIONES POR SECTOR-COMBUSTIBLE			
COMBUSTIBLE	SECTOR	Toneladas (t)	Total (t)
Gasolina	Particular	66.088,043	68.454,814
	Alquiler	1.845,086	
	Estado	416,319	
	Gob. Seccionales	2,243	
	Municipio	98,262	
	Otros	4,861	
	Diésel	Particular	
Alquiler		3.672,999	
Estado		292,416	
Gob. Seccionales		7,076	
Municipio		150,872	
Otros		10,627	
TOTAL		83.653,565	

2008			
EMISIONES POR SECTOR-COMBUSTIBLE			
COMBUSTIBLE	SECTOR	Toneladas (t)	Total (t)
Gasolina	Particular	74.506,887	77.174,001
	Alquiler	2.147,403	
	Estado	409,905	
	Gob. Seccionales	1,339	
	Municipio	101,221	
	Otros	7,245	
	Diésel	Particular	
Alquiler		4.487,158	
Estado		234,605	
Gob. Seccionales		3,528	
Municipio		153,482	
Otros		11,198	
TOTAL		94.390,621	

## ANEXO 8. EMISIONES DE DIÓXIDO DE AZUFRE (SO<sub>2</sub>) POR AÑO Y POR SECTOR.

2017			
EMISIONES POR SECTOR-COMBUSTIBLE			
COMBUSTIBLE	SECTOR	Toneladas (t)	Total (t)
Gasolina	Particular	78,040	79,914
	Alquiler	1,118	
	Estado	0,690	
	Otros	0,067	
Diésel	Particular	14,916	26,071
	Alquiler	10,530	
	Estado	0,620	
	Otros	0,006	
TOTAL		105,986	

2016			
EMISIONES POR SECTOR-COMBUSTIBLE			
COMBUSTIBLE	SECTOR	Toneladas (t)	Total (t)
Gasolina	Particular	80,078	86,754
	Alquiler	5,814	
	Estado	0,593	
	Gob. Seccionales	0,017	
	Municipio	0,149	
	Otros	0,103	
	Diésel	Particular	
Alquiler		8,215	
Estado		0,386	
Gob. Seccionales		0,030	
Municipio		0,169	
Otros		0,003	
TOTAL		110,519	

2015			
EMISIONES POR SECTOR-COMBUSTIBLE			
COMBUSTIBLE	SECTOR	Toneladas (t)	Total (t)
Gasolina	Particular	86,831	95,637
	Alquiler	7,755	
	Estado	0,931	
	Gob. Seccionales	0,010	
	Municipio	0,104	
	Otros	0,006	
Diésel	Particular	14,687	23,933
	Alquiler	8,369	
	Estado	0,671	
	Gob. Seccionales	0,046	
	Municipio	0,153	
	Otros	0,006	
TOTAL		119,570	

2014			
EMISIONES POR SECTOR-COMBUSTIBLE			
COMBUSTIBLE	SECTOR	Toneladas (t)	Total (t)
Gasolina	Particular	91,284	95,355
	Alquiler	2,582	
	Estado	1,140	
	Gob. Seccionales	0,021	
	Municipio	0,319	
	Otros	0,009	
Diésel	Particular	28,886	42,640
	Alquiler	11,928	
	Estado	1,177	
	Gob. Seccionales	0,116	
	Municipio	0,533	
	Otros	0,000	
TOTAL		137,995	

2013			
EMISIONES POR SECTOR-COMBUSTIBLE			
COMBUSTIBLE	SECTOR	Toneladas (t)	Total (t)
Gasolina	Particular	108,895	115,001
	Alquiler	5,056	
	Estado	0,804	
	Gob. Seccionales	0,015	
	Municipio	0,168	
	Otros	0,062	
Diésel	Particular	19,009	26,677
	Alquiler	6,762	
	Estado	0,527	
	Gob. Seccionales	0,072	
	Municipio	0,278	
	Otros	0,029	
TOTAL		141,677	

2012			
EMISIONES POR SECTOR-COMBUSTIBLE			
COMBUSTIBLE	SECTOR	Toneladas (t)	Total (t)
Gasolina	Particular	112,813	119,557
	Alquiler	5,772	
	Estado	0,758	
	Gob. Seccionales	0,014	
	Municipio	0,156	
	Otros	0,045	
Diésel	Particular	19,351	26,980
	Alquiler	6,767	
	Estado	0,503	
	Gob. Seccionales	0,051	
	Municipio	0,284	
	Otros	0,025	
TOTAL		146,537	

2011			
EMISIONES POR SECTOR-COMBUSTIBLE			
COMBUSTIBLE	SECTOR	Toneladas (t)	Total (t)
Gasolina	Particular	113,976	120,450
	Alquiler	5,518	
	Estado	0,755	
	Gob. Seccionales	0,013	
	Municipio	0,140	
	Otros	0,048	
Diésel	Particular	20,718	27,879
	Alquiler	6,358	
	Estado	0,467	
	Gob. Seccionales	0,036	
	Municipio	0,262	
	Otros	0,038	
TOTAL		148,329	

2010			
EMISIONES POR SECTOR-COMBUSTIBLE			
COMBUSTIBLE	SECTOR	Toneladas (t)	Total (t)
Gasolina	Particular	134,422	141,358
	Alquiler	5,434	
	Estado	1,211	
	Gob. Seccionales	0,006	
	Municipio	0,256	
	Otros	0,029	
Diésel	Particular	24,937	31,767
	Alquiler	5,719	
	Estado	0,657	
	Gob. Seccionales	0,018	
	Municipio	0,400	
	Otros	0,036	
TOTAL		173,125	173,125



2009			
EMISIONES POR SECTOR-COMBUSTIBLE			
COMBUSTIBLE	SECTOR	Toneladas (t)	Total (t)
Gasolina	Particular	118,188	124,707
	Alquiler	5,163	
	Estado	1,091	
	Gob. Seccionales	0,004	
	Municipio	0,249	
	Otros	0,011	
Diésel	Particular	21,375	28,826
	Alquiler	6,587	
	Estado	0,545	
	Gob. Seccionales	0,013	
	Municipio	0,286	
	Otros	0,020	
TOTAL		153,532	

2008			
EMISIONES POR SECTOR-COMBUSTIBLE			
COMBUSTIBLE	SECTOR	Toneladas (t)	Total (t)
Gasolina	Particular	126,287	132,693
	Alquiler	5,117	
	Estado	0,985	
	Gob. Seccionales	0,003	
	Municipio	0,285	
	Otros	0,016	
Diésel	Particular	23,781	32,594
	Alquiler	8,052	
	Estado	0,440	
	Gob. Seccionales	0,007	
	Municipio	0,294	
	Otros	0,021	
TOTAL		165,287	

## ANEXO 9. EMISIONES DE AMONÍACO (NH<sub>3</sub>) POR AÑO Y POR SECTOR.

2017			
EMISIONES POR SECTOR-COMBUSTIBLE			
COMBUSTIBLE	SECTOR	Toneladas (t)	Total (t)
Gasolina	Particular	789,053	804,120
	Alquiler	9,222	
	Estado	5,066	
	Otros	0,778	
Diésel	Particular	57,004	96,699
	Alquiler	37,462	
	Estado	2,206	
	Otros	0,027	
TOTAL		900,819	

2016			
EMISIONES POR SECTOR-COMBUSTIBLE			
COMBUSTIBLE	SECTOR	Toneladas (t)	Total (t)
Gasolina	Particular	758,950	864,674
	Alquiler	99,070	
	Estado	4,691	
	Gob. Seccionales	0,076	
	Municipio	0,924	
	Otros	0,963	
	Diésel	Particular	
Alquiler		28,848	
Estado		1,392	
Gob. Seccionales		0,112	
Municipio		0,643	
Otros		0,016	
TOTAL		953,186	

2015			
EMISIONES POR SECTOR-COMBUSTIBLE			
COMBUSTIBLE	SECTOR	Toneladas (t)	Total (t)
Gasolina	Particular	769,579	907,037
	Alquiler	130,102	
	Estado	6,575	
	Gob. Seccionales	0,076	
	Municipio	0,675	
	Otros	0,030	
Diésel	Particular	56,825	89,553
	Alquiler	29,561	
	Estado	2,400	
	Gob. Seccionales	0,174	
	Municipio	0,575	
	Otros	0,019	
TOTAL		996,590	

2014			
EMISIONES POR SECTOR-COMBUSTIBLE			
COMBUSTIBLE	SECTOR	Toneladas (t)	Total (t)
Gasolina	Particular	746,161	794,641
	Alquiler	37,400	
	Estado	8,654	
	Gob. Seccionales	0,131	
	Municipio	2,259	
	Otros	0,037	
Diésel	Particular	102,516	148,735
	Alquiler	39,984	
	Estado	3,802	
	Gob. Seccionales	0,441	
	Municipio	1,991	
	Otros	0,000	
TOTAL		943,375	

2013			
EMISIONES POR SECTOR-COMBUSTIBLE			
COMBUSTIBLE	SECTOR	Toneladas (t)	Total (t)
Gasolina	Particular	894,340	989,900
	Alquiler	87,979	
	Estado	5,701	
	Gob. Seccionales	0,104	
	Municipio	1,119	
	Otros	0,657	
Diésel	Particular	72,253	99,549
	Alquiler	24,110	
	Estado	1,744	
	Gob. Seccionales	0,281	
	Municipio	1,051	
	Otros	0,111	
TOTAL		1.089,449	

2012			
EMISIONES POR SECTOR-COMBUSTIBLE			
COMBUSTIBLE	SECTOR	Toneladas (t)	Total (t)
Gasolina	Particular	958,853	1.065,143
	Alquiler	99,288	
	Estado	5,377	
	Gob. Seccionales	0,086	
	Municipio	1,082	
	Otros	0,458	
Diésel	Particular	73,219	99,463
	Alquiler	23,264	
	Estado	1,638	
	Gob. Seccionales	0,188	
	Municipio	1,060	
	Otros	0,095	
TOTAL		1.164,606	

2011			
EMISIONES POR SECTOR-COMBUSTIBLE			
COMBUSTIBLE	SECTOR	Toneladas (t)	Total (t)
Gasolina	Particular	945,070	1.042,699
	Alquiler	90,686	
	Estado	5,357	
	Gob. Seccionales	0,093	
	Municipio	0,995	
	Otros	0,497	
Diésel	Particular	77,682	102,023
	Alquiler	21,597	
	Estado	1,493	
	Gob. Seccionales	0,140	
	Municipio	0,966	
	Otros	0,145	
TOTAL		1.144,722	

2010			
EMISIONES POR SECTOR-COMBUSTIBLE			
COMBUSTIBLE	SECTOR	Toneladas (t)	Total (t)
Gasolina	Particular	1.163,541	1.259,761
	Alquiler	84,312	
	Estado	9,511	
	Gob. Seccionales	0,050	
	Municipio	2,066	
	Otros	0,282	
Diésel	Particular	89,649	112,526
	Alquiler	19,265	
	Estado	2,088	
	Gob. Seccionales	0,067	
	Municipio	1,332	
	Otros	0,125	
TOTAL		1.372,288	1.372,288

2009			
EMISIONES POR SECTOR-COMBUSTIBLE			
COMBUSTIBLE	SECTOR	Toneladas (t)	Total (t)
Gasolina	Particular	1.013,756	1.099,147
	Alquiler	74,769	
	Estado	8,477	
	Gob. Seccionales	0,039	
	Municipio	2,021	
	Otros	0,086	
Diésel	Particular	76,395	100,865
	Alquiler	21,584	
	Estado	1,761	
	Gob. Seccionales	0,046	
	Municipio	1,009	
	Otros	0,070	
TOTAL		1.200,012	

2008			
EMISIONES POR SECTOR-COMBUSTIBLE			
COMBUSTIBLE	SECTOR	Toneladas (t)	Total (t)
Gasolina	Particular	1.069,365	1.147,939
	Alquiler	68,937	
	Estado	7,396	
	Gob. Seccionales	0,025	
	Municipio	2,101	
	Otros	0,113	
Diésel	Particular	83,622	111,101
	Alquiler	25,014	
	Estado	1,362	
	Gob. Seccionales	0,022	
	Municipio	1,014	
	Otros	0,067	
TOTAL		1.259,040	

## ANEXO 10. EMISIONES EN TONELADAS ACUMULADAS POR ACTIVIDAD ECONÓMICA SEGÚN LA CLASIFICACIÓN CIU.

TOTAL ACUMULADO POR ACTIVIDAD ECONÓMICA (t)										
AÑO/SECTOR	A (Agricultura y pesca)	B (Minas y Canteras)	C (Industrias)	D (Electricidad)	E (Agua y Saneamiento)	F (Construcción)	G (Comercio)	H (Transporte y Almacenamiento)	SUMA OTROS	Total
2008	27.937,257	16.660,139	79.419,216	11.391,212	1.696,302	82.732,560	87.483,994	126.971,839	75.620,236	509.912,755
2009	23.930,009	14.532,218	67.515,102	8.076,632	1.559,383	77.574,633	79.656,149	111.975,173	66.257,957	451.077,256
2010	29.203,273	16.586,726	68.214,317	8.399,370	5.960,716	89.424,178	97.570,089	99.348,205	77.737,187	492.444,061
2011	26.158,927	8.348,131	42.820,563	1.302,244	6.519,458	49.448,131	91.339,879	113.493,192	86.170,242	425.600,769
2012	24.005,745	14.069,805	31.488,032	1.079,401	771,112	68.244,499	72.663,361	113.836,240	74.478,886	400.637,081
2013	22.595,109	14.009,592	23.160,103	1.039,470	809,970	70.456,887	63.478,369	120.872,405	78.926,776	395.348,681
2014	16.172,797	10.575,847	44.599,138	4.904,522	3.854,257	49.477,791	62.181,748	119.143,452	55.085,023	365.994,575
2015	11.796,828	7.708,338	31.015,060	3.681,537	2.936,474	31.567,449	45.731,679	87.534,874	40.356,481	262.328,721
2016	9.453,881	5.558,868	23.961,086	2.014,872	2.373,315	23.967,751	35.141,786	78.712,369	31.420,067	212.603,996
2017	8.942,381	4.908,268	20.641,324	1.634,358	2.177,097	21.615,664	30.155,695	84.852,470	25.400,556	200.327,813