



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE CIENCIAS**

**CARRERA INGENIERÍA EN BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL**

**INVENTARIO DE GASES DE EFECTO INVERNADERO DEL  
SECTOR TRANSPORTE DE LA PROVINCIA DE CHIMBORAZO.**

**AÑO BASE 2018**

**Trabajo de Titulación**

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar al grado académico de:

**INGENIERA EN BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL**

**AUTOR: EVELYN CRISTINA GUTIÉRREZ QUERO**

**DIRECTORA: Ing. MARÍA RAFAELA VITERI UZCÁTEGUI MSc.**

Riobamba – Ecuador

2021

© 2021, Evelyn Cristina Gutiérrez Quero

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Yo, EVELYN CRISTINA GUTIÉRREZ QUERO, declaro que el presente trabajo de titulación es de mi autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autora asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación; el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 12 de noviembre de 2021

Evelyn Gutiérrez

.....  
**Evelyn Cristina Gutiérrez Quero**  
**172289997-6**

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS**  
**CARRERA DE INGENIERÍA EN BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL**

El Tribunal del Trabajo de Titulación certifica que: El Trabajo de Titulación; tipo: Proyecto de Investigación, **INVENTARIO DE GASES DE EFECTO INVERNADERO DEL SECTOR TRANSPORTE DE LA PROVINCIA DE CHIMBORAZO. AÑO BASE 2018**, realizado por la señorita: **EVELYN CRISTINA GUTIÉRREZ QUERO**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del trabajo de titulación, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	<b>FIRMA</b>	<b>FECHA</b>
Ing. Juan Carlos González García MSc. <b>PRESIDENTE DEL TRIBUNAL</b>	_____	2021-11-12
Ing. María Rafaela Viteri Uzcátegui MSc. <b>DIRECTOR DE TRABAJO DE TITULACIÓN</b>	_____	2021-11-12
Ing. William Estuardo Carrillo Barahona MSc. <b>MIEMBRO DEL TRIBUNAL</b>	_____	2021-11-12

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo de investigación a mi primo Kevin Andrés Quero Meneses, que a pesar de que la vida no le permitió cumplir sus sueños él siempre será un gran ejemplo de lucha y perseverancia. En segundo lugar, pero no menos importante a mis madres Olga y Cecilia, quienes con sus palabras de aliento nunca me dejaron decaer, además de apoyarme incondicionalmente en cada una de mis metas e inculcarme valores y principios, los cuales me permitieron ser la persona que hoy soy y a todos los demás quiénes de una u otra manera han formado parte de este gran logro.

Cristina

## **AGRADECIMIENTO**

Extiendo un profundo y sincero agradecimiento a Dios, quién me ha bendecido con una gran familia y ha sido mi más grande fortaleza en los momentos más difíciles.

A mi madre, hermanas y hermano, mi mayor motivación, por brindarme su apoyo, cariño, amor y comprensión, para llevar a cabo todas mis metas.

A mi abuelita, por su apoyo en cada momento importante de mi vida.

A mis tíos y tías por brindarme su apoyo y consejos en los momentos necesarios.

A mis amigos Cristófer y Gisela, por su apoyo sincero y sobre todo por esos excelentes grupos de estudio llenos de risas y momentos inolvidables y a todos mis demás compañeros que formaron parte de esta gran etapa.

A la Ing. Rafaela Viteri, por su asesoramiento, tolerancia, orientación y confianza para la realización de la presente investigación.

El más sincero agradecimiento a la Escuela Superior Politécnica Chimborazo y a sus docentes por impartir sus conocimientos para culminar con éxito mi carrera profesional.

Cristina

## TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	viii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	ix
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	x
ÍNDICE DE ECUACIONES .....	xi
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xii
RESUMEN .....	xii
SUMMARY .....	xiv
INTRODUCCIÓN .....	1

## CAPÍTULO I

<b>1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL .....</b>	<b>3</b>
<b>1.1. Efecto invernadero.....</b>	<b>3</b>
<b>1.2. Gases de efecto invernadero.....</b>	<b>3</b>
<b>1.2.1. GEI directos .....</b>	<b>4</b>
<b>1.2.2. GEI indirectos .....</b>	<b>4</b>
<b>1.3. Cambio Climático .....</b>	<b>4</b>
<b>1.4. Situación del sector transporte .....</b>	<b>5</b>
<b>1.5. Combustión Móvil.....</b>	<b>5</b>
<b>1.6. Características del inventario de gases de efecto invernadero .....</b>	<b>6</b>
<b>1.7. Tipo de fuentes emisoras .....</b>	<b>8</b>
<b>1.8. Enfoques para la elaboración de inventarios de emisiones GEI.....</b>	<b>8</b>
<b>1.9. Modelo estándar de emisiones.....</b>	<b>8</b>
<b>1.10. Gases de Efecto Invernadero considerados.....</b>	<b>11</b>
<b>1.10.1. Dióxido De Carbono (CO<sub>2</sub>).....</b>	<b>11</b>
<b>1.10.2. Metano (CH<sub>4</sub>).....</b>	<b>11</b>
<b>1.10.3. Óxido Nitroso (N<sub>2</sub>O).....</b>	<b>12</b>
<b>1.10.4. Dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>) .....</b>	<b>13</b>
<b>1.11. Mecanismo de combustión en motores de vehículos.....</b>	<b>13</b>
<b>1.12. Vehículos con motor a gasolina.....</b>	<b>14</b>
<b>1.13. Vehículos con motor a diésel.....</b>	<b>15</b>

## CAPÍTULO II

<b>2.</b>	<b>MARCO METODOLÓGICO</b> .....	16
2.1.	Área de Estudio.....	16
2.2.	Modelo de emisiones de tráfico vehicular .....	17
2.3.	Factores de Emisión.....	19
2.3.1.	<i>Factor de emisión del CO<sub>2</sub></i> .....	19
2.3.2.	<i>Factor de emisión del CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O</i> .....	20
2.4.	Definición del Parque vehicular.....	21
2.4.1.	<i>Rendimiento Vehicular</i> .....	21
2.4.2.	<i>Recorrido Anual Promedio</i> .....	21
2.4.3.	<i>Estructuración del parque vehicular-Provincia de Chimborazo en el año 2018</i> .....	22
2.4.3.1.	<i>Consumo de combustible</i> .....	24
2.5.	Características del inventario de gases de efecto invernadero .....	24
2.6.	Distribución espacial de emisiones.....	25

## CAPÍTULO III

<b>3.</b>	<b>MARCO DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS</b> .....	27
3.1.	Rendimiento vehicular.....	27
3.2.	Recorrido Anual Promedio .....	28
3.3.	Composición del Parque vehicular .....	29
3.4.	Factores de emisión.....	31
3.5.	Emisiones GEI del tráfico vehicular.....	34
3.5.1.	<i>Según el tipo de combustible</i> .....	34
3.5.2.	<i>Según la categoría vehicular</i> .....	35
3.6.	Estimación anual de Emisiones GEI procedentes del tráfico vehicular .....	36
3.7.	Distribución espacial de emisión de contaminantes.....	37
3.7.1.	<i>Mapa de intensidad de tráfico vehicular.</i> .....	37
3.8.	Medidas para la reducción de emisiones GEI.....	48
	<b>CONCLUSIONES</b> .....	53
	<b>RECOMENDACIONES</b> .....	55
	<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	
	<b>ANEXOS</b>	



## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1-2:</b>	Factores de emisión por defecto de CH <sub>4</sub> y N <sub>2</sub> O para transporte terrestre .....	20
<b>Tabla 2-2:</b>	Características de los combustibles empleados para estimar las emisiones del sector transporte.....	23
<b>Tabla 3-2:</b>	Tasa de crecimiento anual por tipo de vehículo .....	26
<b>Tabla 1-3:</b>	Rendimiento por tipo de vehículo. Vehículos a gasolina (km/gal).....	27
<b>Tabla 2-3:</b>	Rendimiento vehicular por tipo de vehículo. Vehículos a diésel (km/gal) .....	27
<b>Tabla 3-3:</b>	Recorrido típico por tipo de vehículo. Vehículos a gasolina (km/año).....	28
<b>Tabla 4-3:</b>	Recorrido típico por tipo de vehículo. Vehículos a diésel (km/año).....	28
<b>Tabla 5-3:</b>	Consumo de combustible estimado, real y diferencia porcentual del parque vehicular. ....	29
<b>Tabla 6-3:</b>	Parque vehicular inicial y final de la zona de estudio.....	30
<b>Tabla 7-3:</b>	Composición del parque vehicular. Vehículos a Gasolina .....	30
<b>Tabla 8-3:</b>	Composición del parque vehicular. Vehículos a Diésel .....	31
<b>Tabla 9-3:</b>	Factores de emisión del CO <sub>2</sub> (g/km).....	32
<b>Tabla 10-3:</b>	Factores de emisión del N <sub>2</sub> O (g/km) .....	33
<b>Tabla 11-3:</b>	Porcentajes de las emisiones de los GEI analizados. Desglose por categoría.....	35
<b>Tabla 12-3:</b>	Emisiones GEI del tráfico vehicular en la Provincia de Chimborazo. Año, 2018. Desglose por tipo de combustible (t/año).....	36
<b>Tabla 13-3:</b>	Intensidad del tráfico promedio diario anual- Provincia de Chimborazo. Año 2018. ....	37
<b>Tabla 14-3:</b>	Medidas para la reducción de las emisiones de CO <sub>2</sub> en la zona de estudio .....	49
<b>Tabla 15-3:</b>	Medidas para la reducción de las emisiones de N <sub>2</sub> O en la zona de estudio .....	51

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1-2.</b> Ubicación de la zona de estudio .....	17
<b>Figura 2-2.</b> Zona de estudio dentro de la malla .....	25
<b>Figura 1-3.</b> Mapa de intensidad de tráfico vehicular de la zona de estudio.....	39
<b>Figura 2-3.</b> Emisiones de CO <sub>2</sub> de la zona de estudio proveniente del tráfico vehicular.....	41
<b>Figura 3-3.</b> Emisiones de N <sub>2</sub> O de la zona de estudio proveniente del tráfico vehicular.....	43
<b>Figura 4-3.</b> Emisiones de SO <sub>2</sub> de la zona de estudio proveniente del tráfico vehicular. ....	45
<b>Figura 5-3.</b> Emisiones de CH <sub>4</sub> de la zona de estudio proveniente del tráfico vehicular.....	47

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 1-3.</b> Porcentaje de emisión por tipo de combustible .....	34
---	----

## ÍNDICE DE ECUACIONES

<b>Ecuación 1-1:</b>	Modelo Estándar de Emisiones .....	9
<b>Ecuación 2-1:</b>	Método de Nivel 1 (Tier1) .....	10
<b>Ecuación 3-1:</b>	Método Nivel 2 (Tier 2) .....	10
<b>Ecuación 4-1:</b>	Método Nivel 3 (Tier 3) .....	10
<b>Ecuación 1-2:</b>	Emisiones de CO <sub>2</sub> .....	18
<b>Ecuación 2-2:</b>	Determinación del KVR.....	18
<b>Ecuación 3-2:</b>	Emisiones N <sub>2</sub> O y CH <sub>4</sub> .....	18
<b>Ecuación 4-2:</b>	Emisiones de SO <sub>2</sub> .....	19
<b>Ecuación 5-2:</b>	Factor de emisión del CO <sub>2</sub> .....	20
<b>Ecuación 6-2:</b>	Determinación de la muestra.....	21
<b>Ecuación 7-2:</b>	Consumo de combustible .....	23
<b>Ecuación 8-2:</b>	Determinación del Trafico promedio diario futuro.....	26

## **ÍNDICE DE ANEXOS**

**ANEXO A:** MODELO DE LA ENCUESTA EN LÍNEA.

**ANEXO B:** KVR - VEHÍCULOS A GASOLINA.

**ANEXO C:** KVR - VEHÍCULOS A DIÉSEL.

## RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo la realización de un inventario de gases de efecto invernadero del sector transporte de la provincia de Chimborazo, tomando como base el año 2018, mediante la utilización del modelo estándar de emisiones e información de fuentes oficiales sobre estadísticas de venta y propiedades de combustibles, composición del parque vehicular e intensidad de tráfico vehicular, en primera instancia se determinó el rendimiento vehicular y el recorrido típico anual, posteriormente se realizó la estructuración del parque vehicular en base al tipo de combustible y categoría vehicular. Se identificaron los principales gases de efecto invernadero emitidos durante la combustión móvil y se procedió a su determinación. Las emisiones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) se estimaron mediante el uso de información sobre los kilómetros recorridos por vehículo (KVR) y se calculó su factor de emisión y para las emisiones del metano (CH<sub>4</sub>) y óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) se utilizó información sobre el consumo de combustible y se empleó factores de emisión propuestos por el Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC). Adicional, se estimaron las emisiones de SO<sub>2</sub> mediante el uso de información sobre el consumo de combustible y propiedades de los combustibles. En base a los resultados se obtiene que el sector transporte presenta un aporte: 709505,13 t/año de CO<sub>2</sub>, 398,21 t/año de N<sub>2</sub>O, 248,68 t/año de SO<sub>2</sub> y 199,83 t/año CH<sub>4</sub>. Con los resultados expuestos se concluye que en la provincia de Chimborazo los vehículos a gasolina son los que aportan mayores emisiones de: CO<sub>2</sub> (54,23%), SO<sub>2</sub> (56,23%) y CH<sub>4</sub> (91,65%), mientras que el principal responsable de las emisiones de N<sub>2</sub>O (80,55%) son los vehículos a diésel. Se recomienda que el presente inventario se complemente con otras fuentes de emisión, tales como emisiones de la vegetación, de generadores eléctricos e industriales.

**Palabras clave:** <INVENTARIO DE EMISIONES>, <GASES DE EFECTO INVERNADERO (GEI)>, <SECTOR TRANSPORTE>, <CHIMBORAZO (PROVINCIA)>, <FACTORES DE EMISIÓN>, <CONSUMO DE COMBUSTIBLE>, <KILÓMETROS RECORRIDOS POR VEHÍCULO (KVR)>.



## SUMMARY

The aim of this research was to implement an inventory of greenhouse gases in the transportation sector of Chimborazo province, based on the information obtained during 2018 and through the use of the emissions standard model and information from official sources on sales statistics, fuel properties, composition of the vehicle fleet and vehicle traffic intensity. First of all, the vehicle performance and the typical annual route were determined, then the vehicle fleet was structured based on the type of fuel and vehicle category. The main greenhouse gases emitted during the mobile combustion were identified and determine. Carbon dioxide (CO<sub>2</sub>) emissions were estimated using information on vehicle kilometers travelled (VKT) and its emission factor was also calculated. For methane (CH<sub>4</sub>) and nitrous oxide (N<sub>2</sub>O) emissions, it was necessary to use information on fuel consumption and emission factors proposed by the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). In addition, SO<sub>2</sub> emissions were estimated by using information on fuel consumption and fuel properties. The results revealed that the transport sector contributes with the following values: CO<sub>2</sub>, 709 505.13 t / year, N<sub>2</sub> O, 398.21 t / year, SO<sub>2</sub>, 248.68 t / year and CH<sub>4</sub>, 199.83 t / year. With the results presented it is concluded that in Chimborazo province gasoline-powered vehicles are the ones that produce the highest emissions of CO<sub>2</sub> (54.23%), SO<sub>2</sub> (56.23%) and CH<sub>4</sub> (91.65%), while the main responsible for N<sub>2</sub>O emissions (80.55%) are diesel-powered vehicles. It is recommended to complement this inventory with other emission sources, such as emissions from vegetation as well as emissions generated by electrical and industrial generators.

**Keywords:**<EMISSIONS INVENTORY>, <GREENHOUSE GASES (GHG)>, <TRANSPORTATION SECTOR>, <CHIMBORAZO (PROVINCE)>, <EMISSION FACTORS>, <FUEL CONSUMPTION>, <VEHICLE KILOMETERS TRAVELED (VKT)>.



Firmado electrónicamente por:  
PAUL ROLANDO  
ARMAS PESANTEZ

## INTRODUCCIÓN

La calidad del aire es considerada un factor importante para el desarrollo de la vida, ya que si este se encuentra contaminando representa un serio riesgo para la salud ambiental mundial (PNUMA, 2014, p.43). Aspectos como el crecimiento poblacional y el constante desarrollo económico han alterado la calidad del aire, ya que han provocan una mayor demanda de recursos naturales y por ende ocasionan un aumento en las emisiones contaminantes a la atmósfera. Una de las principales actividades humanas que contribuye con estas emisiones es el sector transporte, el cual es un medio de gran importancia para la movilización, pero también es considerado como uno de los principales focos generadores de emisiones de gases de efecto invernadero, porque su funcionamiento demanda considerables cantidades de combustibles fósiles (Córdova, 2013, p.4). En 2007, el 61.2% del consumo mundial de petróleo fue usado en transporte. Consecuentemente, se categoriza como, el principal sector consumidor global de petróleo, y de mayor crecimiento (IEA, 2009, p.7).

El sector transporte, en América Latina y el Caribe representa un 36% del total de emisiones (IEA, 2009, p.14) dentro de las cuales la categoría autotransporte que se encuentra representada por el transporte de pasajeros y el transporte de carga representaba más del 80% de las emisiones (Martínez, 2018, p.10). La demanda de transporte y el aumento acelerado del parque vehicular año tras año hace del sector transporte el principal contribuyente en las emisiones de gases de efecto invernadero y por ende en el cambio climático. Existen 600 millones de vehículos a nivel mundial (AEMA, 2007), mientras que se predice que en Latinoamérica en los últimos 25 años se triplicará llegando hasta más de 200 millones de vehículos para el año 2050. Cabe mencionar, que más de 1/3 de las emisiones de dióxido de carbono a la atmósfera proviene del tráfico vehicular. No obstante, esta situación es lamentable, debido a que muchos de los países latinoamericanos no cuentan con estándares que permitan la mejora de la calidad de combustibles, ni tampoco cuentan con lineamientos o estrategias que controlen las emisiones vehiculares y la eficiencia vehicular (Maxwell, 2019, p. 31).

El aumento de la concentración de los gases de efecto invernadero en la atmósfera, además de originar el calentamiento global, que a su vez ocasiona variaciones en el clima provocando el cambio climático, genera en determinadas concentraciones daños a la salud humana, vegetal y animal, además de provocar daños en infraestructuras y molestias para el normal desarrollo de las actividades humanas (Baca, 2014, p.53). Por lo cual, al detectar este problema en el año 1988 la Organización Meteorológica Mundial (OMM) y el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) crea el Panel Intergubernamental para el Cambio Climático (IPCC), la cual es una organización internacional que prepara metodologías y propone directrices para la realización de inventarios nacionales de gases de efecto invernadero (Rúa, 2005). En este sentido el Ecuador al ser miembro de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio



Climático, tiene el compromiso de reportar cada dos años los avances en el logro de los objetivos planteados en dicho instrumento, a través de comunicaciones nacionales e informes de actualización. Dentro de estos documentos, los inventarios de gases de efecto invernadero y las acciones que se realizan para mitigar el cambio climático, tienen una gran relevancia (MAE, 2016, p.24).

En el contexto del Ecuador, el sector transporte basado en los resultados del Reporte del Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero del Año 2010 aporta con el 43,22% del total de emisiones, de ahí el transporte terrestre representa el 90, 81% de las emisiones (MAE, 2016, p.28). El parque vehicular ha ido creciendo aceleradamente en la última década, es decir, ha incrementado en 1,4 millones de vehículos, lo que implica que más de 2,4 millones de vehículos se encuentran matriculados en el Ecuador hasta el año 2018 (INEC, 2019).

La zona de estudio está conformada por 10 cantones, que en conjunto poseen un total de 515 417 habitantes según la proyección poblacional para el año 2018 (INEC, 2020), lo cual indica que su población ha ido creciendo. En consecuencia, su parque automotor también ha crecido exponencialmente durante los últimos años, lo cual involucra un aumento considerable en la cantidad de emisiones de gases de efecto invernadero que llegan a la atmósfera originarios del proceso de combustión por parte de los automotores (INEC, 2012). El número de vehicular por cada 1000 habitantes es de 132 vehículos según el INEC para el año 2018. Por lo cual, en este proyecto de investigación se pretende elaborar un Inventario de Gases de Efecto Invernadero (GEI) del sector transporte de la Provincia de Chimborazo teniendo como año base 2018, con el fin de establecer el porcentaje de emisiones de GEI correspondiente a este sector, determinar cuál es el principal GEI emitido por el transporte y proponer medidas que faciliten la selección de alternativas para su control o mitigación. Mediante la aplicación de modelos matemáticos y las metodologías recomendadas por el Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático, ya que esto nos permitirá la estimación de emisiones GEI mediante la utilización de información oficial y por medio de conversiones con factores de emisión, poderes caloríficos y propiedades de combustibles que nos permitirán obtener resultados cercanos a los reales. Cabe recalcar, que este es uno de los primeros o principales pasos para la definición de planes de acción frente al Cambio Climático.

## **CAPÍTULO I**

### **1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL**

#### **1.1. Efecto invernadero**

El efecto invernadero permite que la Tierra se mantenga más caliente de lo que se encontraría en su ausencia y por ende permite la vida en la superficie terrestre y en los océanos. Se entiende como efecto invernadero al proceso por el cual la energía solar es absorbida por la tierra provocando que esta se caliente, parte de esta energía es reflejada de vuelta a la atmósfera, en donde es retenida de forma natural por los gases que se encuentran en ella, es decir, estos gases absorben la radiación infrarroja y la irradian devuelta en todas las direcciones en forma de calor a la superficie terrestre (MAC, 2016, p.10).

Sin embargo, en las últimas décadas este efecto invernadero natural se ha intensificado debido a la actividad humana. La tala indiscriminada de bosques y la quema excesiva de combustibles fósiles hace que este tipo de gases de efecto invernadero aumenten su concentración en la atmósfera terrestre, provocando que haya una mayor retención de temperatura y por ende aumentando la temperatura en la superficie terrestre (MAC, 2016, p.22).

#### **1.2. Gases de efecto invernadero**

Los gases de efecto invernadero son aquellos que se han formado de manera natural en la atmósfera al largo de millones de años y que favorecen al efecto invernadero, ya que impiden que se escape el calor, es decir absorben y envían radiación infrarroja produciendo un efecto denominado forzamiento radiactivo (CIAT et al, 2015, p.7). Debido a estos gases la temperatura del planeta es de 14.5° C. En el caso de no existir estos gases la temperatura media del planeta podría ser de -18° C. Sin embargo, el incremento excesivo de estos en la atmósfera aumenta la temperatura media de la Tierra provocando el calentamiento global (Baca, 2014, p.54).

Según la guía del Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC) para la elaboración de inventarios, se puede clasificar a los gases de efecto invernadero según su origen en dos tipos: gases de efecto invernadero directos y gases de efecto invernadero indirectos.

### ***1.2.1. GEI directos***

Los GEI directos son aquellos que inciden directamente al forzamiento radiactivo y por ende al calentamiento global. El dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), metano (CH<sub>4</sub>), óxido nitroso (N<sub>2</sub>O), hidrofluorocarbonos (HFC), perfluorocarbonos (PFC) y hexafluoruro de azufre (SF<sub>6</sub>) en ese orden son los gases de efecto invernadero directos considerados por la IPCC de mayor interés y causantes del cambio climático (IPCC, 2006). El GEI antropogénico mayormente emitido a nivel mundial es el CO<sub>2</sub> (76%), seguido del CH<sub>4</sub> (16%), el N<sub>2</sub>O (6,2%) y los gases fluorados que apenas representan el 2% (Cinquantini et al, 2016, p.5).

### ***1.2.2. GEI indirectos***

Gases como el monóxido de carbono (CO), dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>), compuesto orgánicos volátiles distintos al metano (COVDN) y óxido de nitrógeno (NO<sub>x</sub>), son considerados gases de efecto invernadero indirectos. Considerados gases no muy relevantes o de alto impacto en cuanto a su influencia en el calentamiento global, sino que son más investigados para la realización o toma de decisiones en temas sobre la salud pública y la calidad del aire. Estos gases se relacionan con la química atmosférica provocando una modificación de los gases de efecto invernadero directos que se encuentran en la atmosférica. Cabe mencionar que también ayudan o facilitan la procesión de formación de aerosoles (CIAT et al, 2015, p.7).

## **1.3. Cambio Climático**

El cambio climático es básicamente una variación del estado del clima, lo cual altera la composición normal de la atmósfera. Este fenómeno ocurre debido a las actividades humanas y causas naturales como la variabilidad climática (Cepasa, 2015, p.3). La comunidad científica denomina al cambio climático como un cambio que se produce a diversas escalas de tiempo debido al incremento de la temperatura de la superficie de la Tierra y que afecta a todos los parámetros climáticos tales como: temperatura, nubosidad y precipitación. Este cambio es provocado por factores de carácter natural y antropogénico (Cinquantini et al, 2016, p.5).

El cambio climático es evidente debido al sinnfín de manifestaciones como: decrecimiento de los volúmenes de hielo y nieve, cambios extremos en los protones de fenómenos climáticos, aumentos del nivel de océanos y mares, aumentos de la temperatura atmosférica y cambio en los patrones de precipitaciones (CEPAL, 2015, p.18). Provocando así, impactos de grandes proporciones, ya que debido

a este se predice escasez de agua, desastres naturales como tormentas, sequías, olas de calor y enormes alteraciones para la producción de alimentos provocando que el índice de mortalidad se eleve, por lo cual hay que considerar que el cambio climático no solo es un fenómeno que trae consigo grandes consecuencias ambientales, sino que afecta directamente a la economía y a la sociedad (NASA, 2021).

El Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC) afirma que el cambio climático se está dando a nivel mundial y en formas aceleradas y que el calentamiento del sistema climático es indiscutible, ya que la influencia del hombre sobre el sistema climático es tan enorme y va en aumento, lo cual si no se pone un freno las consecuencias serán catastróficas e irreversibles en los seres humanos y en los ecosistemas (NASA, 2021).

#### **1.4. Situación del sector transporte**

El sector transporte hoy en día es considerado una necesidad, puesto que es un medio fundamental para el desarrollo económico y social de un lugar, porque permite el movimiento de recursos humanos y materiales, a través del comercio entre países. En contexto internacional los países latinoamericanos se encuentran retrasados en cuanto a la infraestructura del transporte si se lo compara con el transporte a nivel mundial. Además, a nivel nacional el crecimiento de las externalidades del transporte sumado el consumo de combustible genera cierta debilidad que debe ser de interés público. De igual forma, existen diversos impactos, que visto que por una parte apoya al desarrollo económico de un lugar, pero también generan altos niveles de contaminación atmosférica y generación de gases de efecto invernadero, los cuales alteran la calidad del aire local, regional y global provocando graves problemas en la salud pública (Barbero & Rodríguez, 2012, p.8).

Como bien se mencionó, el sector transporte juega un papel muy importante en la reducción de las emisiones GEI, ya que es uno de sus principales contribuyentes. Hay que tener en cuenta que una correcta gestión y aplicación de políticas o medidas enfocadas a transformar este sector ayudaría en la mitigación del cambio climático. Esta transformación no solo implicaría un mejoramiento en la movilidad, sino que un mejoraría en la calidad del aire, calidad de vida y en la eficiencia de los recursos, logrando así alcanzar un transporte sustentable (Martínez, 2018, p.10).

#### **1.5. Combustión Móvil**

Las emisiones del sector transporte son el resultado de la quema de combustibles, tales como la gasolina y el diésel, los cuales están formados por mezclas de hidrocarburos que contienen átomos

de hidrógeno y carbono. Para que un vehículo pueda moverse es necesario el proceso de combustión, en donde se transforma la energía química del combustible en energía mecánica. Este proceso produce emisiones, en donde en el caso de que se diera una combustión completa, el oxígeno que se encuentra en el aire transformaría todo el hidrógeno del combustible en agua y todo el carbono del combustible en CO<sub>2</sub>. Sin embargo, el proceso de combustión no es perfecto, lo cual provoca que se emitan otro tipo de contaminantes a la atmósfera (Iniesta, 2009, p.26).

El Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático considera que los gases directos de efecto invernadero producidos principalmente por las fuentes móviles debido a la quema de varios tipos de combustibles son el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), metano (CH<sub>4</sub>) y óxido nitroso (N<sub>2</sub>O). Por otra parte, como el proceso de combustión no es completo también se da la generación de otros contaminantes que provocan una contaminación ambiental y por ende afectan la calidad del aire de un lugar. Estos contaminantes son: el monóxido de carbono (CO), el dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>), los compuestos orgánicos volátiles distintos al metano (COVDM), los óxidos de nitrato (NO<sub>x</sub>), y el material particulado (PM) (IPCC, 2007, p.996).

La IPCC considera que la forma más adecuada para determinar las emisiones de gases de efecto invernadero de la combustión móvil es mediante la actividad de transporte (terrestre, marítimo y aéreo). En este contexto, se considera dentro de la categoría de fuentes móviles transporte terrestre a todos los tipos de vehículos ligeros (camionetas, automóviles, furgonetas), pesados (buses, tractores, remolques) y motocicletas (IPCC, 2006, p.38).

## **1.6. Características del inventario de gases de efecto invernadero**

Un inventario de gases de efecto invernadero es una herramienta fundamental para la toma de decisiones, ya que nos permite determinar la magnitud de las emisiones GEI y de las absorciones por sumideros, al mismo tiempo podremos conocer cuáles son los sectores que contribuyen mayormente a estas emisiones y así poder definir planes de acción o estrategias de mitigación frente al cambio climático (Cinquantini et al, 2016, p.8). Además, la realización de inventarios GEI periódicamente es de gran importancia, ya que estos sirven como una herramienta de información base y comparativa que nos permite evaluar como las emisiones han ido aumentando o evolucionado año tras año. De igual forma, permite que las autoridades correspondientes inicien un proceso sistemático de información oficial, el cual sirve y para conocer si las medidas de mitigación y/o adaptación efectuadas en un contexto global o local han dado resultados y para el diseño de políticas gubernamentales enfocadas en el mejoramiento ambiental.

Un inventario GEI debe ser completo y preciso, ya que es considerado un instrumento clave para el control de la calidad ambiental y su correcta gestión en miras de un desarrollo sostenible. Dado que estima la cantidad de contaminantes emitidos al aire en una región concreta y en un tiempo, ya sea desde una sola fuente o varias fuentes (Van Aardenne, 2002, p.143). Asimismo, por lo general son utilizados con fines científicos, ya que proporcionan información imprescindible para estudios de transporte químico de contaminantes del aire.

A través de Comunicaciones Nacionales e Informes Bienales de Actualizaciones es obligación de los países signatarios de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (UFCCC por sus siglas en inglés) entregar y poner a disposición pública inventarios de emisiones de gases de efecto invernadero de manera periódica (CEPAL, 2012, p.3). De la misma forma, es compromiso de estos países reportar los avances para así conocer si los objetivos planteados para la mitigación del cambio climático están teniendo resultados (MAE, 2016, p.22).

Para el desarrollo de un inventario se debe seguir una serie de etapas ordenadas, las cuales nos permiten obtener información representativa, eficiente y coherente sobre emisiones de una o varias fuentes de estudio. Además, nos ayudan a cumplir con criterios de integridad y comparabilidad (Gaitán & Cárdenas, 2017, p.31).

A continuación, se presenta las etapas para el desarrollo de un inventario:

### **1) Formulación**

Esta etapa se basa básicamente en establecer el nivel de detalle o alcance y el propósito que persigue el inventario. Cabe recalcar, que el tiempo y los recursos requeridos varían dependiendo del propósito y el alcance del inventario.

### **2) Planificación**

Esta etapa se basa en elaborar un plan de trabajo el cual nos ayude a determinar qué tipo de información y recursos humanos y técnicos se necesita para llevar a cabo la elaboración del inventario. También, aquí se planificará el tiempo que se tomará en elaborar el inventario (cronograma de actividades) y el presupuesto, así mismo se determinará la metodología a aplicar.

### **3) Ejecución**

En esta etapa se lleva a cabo la elaboración del inventario siguiendo el plan de trabajo antes establecido, en donde se debe recolectar la información necesaria que nos permitan caracterizar y cuantificar la fuente de interés. Dicha información debe ser obtenida de fuentes oficiales. Por lo general, la mayor parte de esta información está afín con los factores de emisión, el tipo de fuente, el combustible empleado, datos de actividad de la fuente emisora y parámetros ambientales.

#### 4) Evaluación y actualización

En esta etapa es primordial la evaluación periódica de la representatividad de la información, de igual manera es importante la actualización del inventario.

##### 1.7. Tipo de fuentes emisoras

Existen distintos tipos de fuentes emisoras, entre las cuales tenemos:

- **Fuentes fijas:** Son aquellas fuentes que se encuentran en un punto fijo, como, por ejemplo: fabricas, industrias, refinerías y plantas de energía (CICAM, 2019).
- **Fuentes móviles:** Está representada principalmente por el sector transporte, abarca todos los tipos de medio de transporte (terrestre, aéreo, marítimo y fluvial) (CICAM, 2019).
- **Fuentes de área:** Son determinadas actividades que en conjunto alteran la calidad del aire de una zona, como por ejemplo la actividad agrícola o maderera (CICAM, 2019).

##### 1.8. Enfoques para la elaboración de inventarios de emisiones GEI

Un inventario GEI se puede desarrollar tomando en cuenta dos enfoques, esto depende de la información que esté disponible y de los objetivos que persigue el inventario (Gaitán & Cárdenas, 2017, p.34).

Según Gaitán y Cárdenas (2017), la selección del enfoque depende primordialmente de la calidad y nivel de información con la que se disponga, por lo cual se presenta los siguientes enfoques:

- **Enfoque “top-down”:** También llamado “de arriba hacia abajo”, en donde se parte de datos generales, para llegar a datos específicos de emisiones requeridas.
- **Enfoque “Bottom up”:** También llamado “de abajo hacia arriba”, donde por el contrario al anterior método, se parte de datos detallados o específicos para encontrar datos generales de emisiones requeridas.

Dependiendo de la información con la que disponga el hacedor del inventario también se puede aplicar un enfoque combinado *Bottom up* y *top-down*.

##### 1.9. Modelo estándar de emisiones

La expresión básica para la estimación de emisiones se indica en la ecuación 1-1, el cual está fundamentado en las Directrices del IPCC para inventarios nacionales de GEI (IPCC, 2006, p.3.9). El

mismo indica que las emisiones de un determinado contaminante se obtiene mediante la multiplicación entre la actividad y su factor de emisión respectivo.

$$E_{a,b} = \Sigma(FE_{a,b} * A_{a,b})$$

Ecuación 1-1

Donde:

- $E_{a,b}$ : Emisiones del contaminante de interés.
- $FE_{a,b}$ : Factor de emisión
- $A_{a,b}$ : Actividad
- $a$ : Tipo de actividad
- $b$ : contaminante de interés

La actividad es una medida que se encuentra definida por el grado o nivel de actividad de la fuente emisora de GEI. Para obtener los datos de actividad de una fuente se debe realizar una recopilación y análisis de datos e información estadística de fuentes oficiales, es decir gubernamentales. También se puede realizar encuestas las cuales sean representativas al área de estudio. La actividad para el caso del sector transporte está relacionada con los procesos de combustión o quema de combustible, por lo cual la actividad se puede expresar en unidades como kilómetros recorridos (km) o volumen - base a las ventas de combustible (gal). Además, la actividad también puede estar relacionada con la producción industrial, en donde esta puede ser expresada como toneladas de cemento o kWh de energía eléctrica (MITECO, 2019, p.3).

El factor de emisión es un valor que representa la cantidad de GEI que es emitido a la atmósfera por parte de cada unidad de la “actividad”. Este se expresa mediante una división entre el peso del GEI o contaminante y cada unidad concreta de la actividad. En cuanto a las unidades en las que se expresa el factor de emisiones estas dependen de los datos de la actividad disponibles. Los factores de emisión pueden ser obtenidos mediante mediciones en la fuente, lo cual garantiza datos de emisiones más reales o mediante la recopilación a largo plazo del promedio de las emisiones de distintas infraestructuras de un tipo de fuente. Para la determinación de emisiones es recomendable utilizar factores de emisiones locales, es decir, propios del país en el caso de existir (MITECO, 2019, p.4).

La guía de la IPCC establece 3 niveles metodológicos (Tier 1, Tier, 2 y Tier 3) para el cálculo de las emisiones de gases de efecto invernadero (CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O y CH<sub>4</sub>). Se puede estimar las emisiones a partir de datos de actividad como el combustible consumido (representado por el combustible vendido) o los kilómetros recorridos por tipo de vehículo (IPCC, 2006, p.3.12).



La metodología varía dependiendo de los datos que se disponga de combustible y factores de emisión (*EF*), a continuación, se presenta las tres metodologías:

- **Método de Nivel 1 (Tier1)**

$$Emisión = \sum [Combustible_a \times EF_a]$$

Ecuación 2-1

El método de nivel 1 se detalla en la ecuación 2-1, en donde se calcula las emisiones (kg) mediante el producto entre el combustible consumido (TJ) y un factor de emisión por defecto (kg/TJ). Todo esto en función del tipo de combustible (a) (IPCC, 2006, p.3.12).

- **Método Nivel 2 (Tier 2)**

$$Emisión = \sum [Combustible_{a,b,c} \times EF_{a,b,c}]$$

Ecuación 3-1

En la ecuación 3-1 se detalla el método de nivel 2, en donde se calcula las emisiones (kg) mediante el producto entre el combustible consumido para la actividad de fuente vehicular dada (TJ) y un factor de emisión (kg/TJ). Todo esto en función del tipo de combustible (a), tipo de vehículo (b) y tecnología vehicular de emisiones (c) (IPCC, 2006, p.3.12).

- **Método Nivel 3 (Tier 3)**

$$Emisión = \sum [Distancia_{a,b,c,d} \times EF_{a,b,c,d}] + \sum C_{a,b,c,d}$$

Ecuación 4-1

El método de nivel 3 se detalla en la ecuación 4-1, aquí se calcula las emisiones (kg) mediante la multiplicación entre la distancia recorrida (KVR) durante el periodo de funcionamiento térmicamente estabilizado del motor, tenido en cuenta para una actividad de fuente vehicular dada (TJ) y un factor de emisión (kg/km), a esto se suma las emisiones vehiculares durante la fase de calentamiento (kg).

Todo esto en función del tipo de combustible (a), tipo de vehículo (b), tecnología de control de emisiones (c) y las condiciones de uso del vehículo (d) (IPCC, 2006, p.3.15).

Hay que tener en cuenta que la IPCC establece que para la determinación de emisiones de CO<sub>2</sub> únicamente se puede aplicar el Nivel 1 y Nivel 2 con la única diferencia que en el nivel dos se utiliza el contenido de carbono específico del país de donde es originario el combustible. Por otro lado, para la determinación emisiones de N<sub>2</sub>O y CH<sub>4</sub> se puede aplicar el nivel 1 y 2, los cuales se basan en el combustible vendido y el nivel 3 en los kilómetros recorridos, aquí el cálculo es un poco más complejo, ya que los factores de emisiones que se van a utilizar dependen netamente de la tecnología vehicular, del tipo de combustible y de las condiciones de uso del vehículo (IPCC, 2006, p.3.12).

## **1.10. Gases de Efecto Invernadero considerados**

### ***1.10.1. Dióxido De Carbono (CO<sub>2</sub>)***

El dióxido de carbono es uno de los principales gases de efecto invernadero que se produce durante la combustión de gasolina y diésel. Se encuentra en la atmósfera de forma natural y también es emitido debido a diferentes actividades antropogénicas como la combustión de combustibles fósiles (petróleo, gas natural y carbón) para fines de generación de energía y con fines de transporte, la tala de bosque para la obtención de leña para la generación de energía, residuos sólidos y el proceso de fabricación de cemento representan las principales fuentes de emisión de este gas. Cabe recalcar, que es considerado el segundo gas que contribuye mayormente al calentamiento global luego del vapor de agua (Benavides & León, 2007, p.36).

La circulación normal del carbono entre la Tierra, la atmósfera, los océanos, las plantas y el ser humano, está regida por el ciclo del carbono. Sin embargo, las actividades antropogénicas lo están alterando debido al aumento excesivo de emisiones de CO<sub>2</sub>, lo cual provoca que una influencia directa sobre los disipadores naturales (como bosques) y sobre el aforo de la Tierra para reservar carbono (EPA, 2021).

### ***1.10.2. Metano (CH<sub>4</sub>)***

El metano es considerado un gas de efecto invernadero fuerte debido a la eficiencia que posee para la captura de la radiación, es decir, absorbe mayor cantidad de calor y lo dispersa de vuelta a la superficie en varias direcciones. A diferencia, aunque en la atmósfera este gas se encuentra más reducido en comparación con el dióxido de carbono, se afirma que en un periodo de 100 años el

impacto que causa el metano es 25 veces mayor en comparación del impacto que causa el dióxido de carbono (EPA, 2020).

Tiene fuentes de emisión naturales (pantanos naturales) y fuentes de emisión antropogénicas. Cabe recalcar, que a nivel mundial las actividades humanas son las responsables de entre el 50 y 65% de las emisiones de este gas (IPPC, 2014). Una de sus principales fuentes de emisión antropogénica son las actividades ganaderas y agrícolas, seguido de actividades como los tratamientos anaeróbicos de aguas residuales (industriales y domésticas) y disposición final de residuos sólidos en rellenos juegan un papel importante en la emisión de este gas debido a la descomposición de la materia orgánica por parte de sistemas biológicos (Benavides & León, 2007, p.37). También, este gas es emitido durante todo el proceso de producción y transporte de combustibles fósiles (petróleo, gas natural y carbón) (EPA, 2021).

Durante la combustión de los combustibles, las emisiones de este gas a la atmósfera son mínimas y de alta incertidumbre, debido a una combustión incompleta de hidrocarburos en el combustible. Por otra parte, la cantidad de emisiones de metano provenientes de fuentes móviles depende de la cantidad de hidrocarburos no quemados que han pasado por el motor, del volumen de metano en el inflamable y de las inspecciones postcombustión (Benavides & León, 2007, p.37).

### ***1.10.3. Óxido Nitroso ( $N_2O$ )***

El óxido nitroso es un gas que forma parte del ciclo del nitrógeno. Sus fuentes naturales principales son los océanos y la biomasa, mientras sus fuentes de carácter antropogénico son las actividades agrícolas (procesos microbiológicos nitrificación-des nitrificación) e industriales, consumo de combustibles fósiles y debido a la desintegración de proteínas en aguas residuales (Benavides & León, 2007, p.39).

Durante la quema de combustible se emite óxido nitroso, su cantidad depende del tipo de combustible, tipo de tecnología de combustión, así como también del mantenimiento de los dispositivos y de las prácticas operantes (EPA, 2020). Cabe recalcar, que a nivel global el aporte de este gas es mínimo y de alta incertidumbre. Es importante mencionar, se produce mayores emisiones de óxido nitroso cuando las temperaturas de combustión son más altas, es decir, sobrepasen los 730 °C (Benavides & León, 2007, p.39).

A nivel mundial las actividades humanas representan el 40% de las emisiones de  $N_2O$ . El impacto de este gas sobre el planeta y el calentamiento global en un periodo de 114 años es 300 veces mayor en comparación con el  $CO_2$  (IPCC, 2017).

#### **1.10.4. Dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>)**

El dióxido de azufre es un gas de efecto invernadero indirecto, ya que este una vez emitido al aire interactúa con los gases atmosféricos provocando cambios en los GEI directos. Este es emitido a la atmósfera mediante procesos naturales como erupciones volcánicas y mediante actividades humanas como la quema de combustibles fósiles y la industria metalúrgica (Benavides & León, 2007, p.43).

Como bien se conoce, el azufre es un elemento natural del petróleo, por lo tanto, se encuentra en la gasolina y el diésel. Durante la combustión de los combustibles este azufre es emitido en forma de SO<sub>2</sub>. Es conveniente mencionar que para las emisiones de este es gas dependen de la cantidad de azufre que contenga el combustible, por lo cual cuando menor azufre presente el combustible menores emisiones se generaran de este gas y por ende mayores beneficios para el ambiente (Blumberg et al, 2003, p.58).

#### **1.11. Mecanismo de combustión en motores de vehículos**

El motor tiene la función de convertir un líquido inflamable en energía, para luego este ser transforme en calor y en movimiento, es decir transforma la energía química de la ignición en energía mecánica. Este líquido inflamable es la gasolina o el diésel, los cuales permiten que un vehículo pueda moverse o desplazarse. Es importante mencionar que, tanto para la gasolina como para el diésel, el proceso de combustión en el motor es diferente, ya que este proceso depende netamente de la estructuración molecular (carbono e hidrogeno) y proceso de obtención de cada uno de los tipos de combustibles (Uvidia, 2020, p.34).

Es así, que para que se dé el proceso de combustión en un motor a gasolina es necesario la elaboración de una mezcla explosiva la cual va a ser detonada con una chispa, es decir, que en medio de presiones relativamente bajas la mezcla explosiva debe ser estequiometría para que pueda detonar cuando la chispa brinque. Mientras que en un motor a diésel la mezcla de combustible no debe ser necesariamente exacta, esto justifica que los motores a diésel trabajan con mezclas pobres y excesos de aire, ya que para la detonación de la mezcla el motor a diésel absorbe todo el aire que es posible provocando que la mezcla de combustible y aire ardan debido a los altos calor y elevadas presiones que se origina en el cilindro (Uvidia, 2020, p34).

A nivel mundial según la Agencia Internacional de la Energía (IEA según sus siglas en inglés) más del 50% del petróleo es destinado para la elaboración de combustibles (gasolina y diésel) para el sector transporte, los cuales son quemados a través de los llamados motores de combustión interna (IEA, 2012).

## **1.12. Vehículos con motor a gasolina**

Los motores que usan la gasolina como combustible son también llamados motores Otto en honor a su creador. Este combustible es obtenido en las refinerías por medio de procesos como la destilación fraccionada y la alquilación. Prácticamente, se puede definir a los motores a gasolina como máquinas termodinámicas, las cuales funcionan mediante la detonación con mezclas estequiométricas que posibilite que todo el combustible se mezcle con todo el aire. Por lo cual, debe existir una relación de 1 a 14 entre el combustible y el aire, debido a que el peso molecular de la gasolina es 14 veces mayor en comparación con el peso molecular del aire. En este sentido, cuando existe una mayor participación de combustible o una menor participación del combustible se da lo que se denomina mezcla rica y mezcla pobre respectivamente. En ambas situaciones se presentan inconvenientes, la mezcla rica provoca un aumento de emisiones nocivas debido a que el combustible no ha sido aprovechado en la mezcla y en la mezcla pobre provoca un calentamiento del motor debido a la una pérdida de potencia a razón de la lentitud del combustible (Uvidia, 2020, p.38).

De forma general, los motores a gasolina de ciclos de cuatro tiempos comprenden en primer lugar el proceso de admisión en donde la válvula de admisión absorbe la mezcla de aire y combustible hacia los cilindros, luego sucede el proceso de compresión en donde se comprime la mezcla, posterior se da la explosión en donde la chispa salta y produce la ignición y finalmente se da el escape de los gases, en donde el pistón se eleva para así empujar los gases quemados para así dar comienzo nuevamente al ciclo (Uvidia, 2020, p.38).

Durante la combustión los vehículos además de producir emisiones de dióxido de carbono y agua, producen otras sustancias nocivas o contaminantes (monóxido de carbono, óxido de nitrógeno e hidrocarburos no quemados) para el ambiente y la salud pública, debido a procesos de combustión incompleta que se da en los motores y a la temperatura y presión que existe dentro del cilindro (Castillo et al, 2017, p.54).

La calidad de un combustible está determinada por el octanaje, es decir, un combustible de mayor número de octanaje, será de mayor calidad, ya que implica un mayor aprovechamiento del combustible durante el proceso de combustión. Por otro lado, la presencia de azufre en los combustibles afecta el correcto funcionamiento del sistema de distribución, produciendo mayores emisiones de gases de efecto invernadero debido a que hace que el catalizador se vuelva ineficiente, lo cual afecta el rendimiento del vehículo. Por lo cual, hoy en día es imprescindible el desarrollo de tecnología que nos garanticen mayor rendimiento y menores emisiones contaminantes, lo cual se podría llevar a cabo mediante la implementación de tecnologías que permitan la captura y control de contaminantes a ras del catalizador (Blumberg et al, 2003, p.66).

### **1.13. Vehículos con motor a diésel**

Los motores a diésel, son considerados más eficientes que los motores a gasolina, debido a que la combustión en motores a diésel se produce de forma espontánea, esto debido por una parte a las características del diésel, ya que posee un mayor poder calorífico y densidad en comparación con la gasolina y por otra es debido a la elevada compresión, lo cual provoca un mayor rendimiento térmico y menor consumo específico del diésel. Por lo general, el diésel es empleado en vehículos pesados o de carga. Este tipo de combustible trabaja con mezclas pobres y exceso de aire, lo cual implica que el automotor consuma menor combustible (Consuegro, 2007, p.11).

A diferencia de los motores a gasolina, los motores a diésel no requieren de una chispa para encenderse, ya que se trata de un motor térmico de combustión interna alternativa que posee autoencendido, es decir, tiene bujías incandescentes, lo cual implica que el aire debe comprimirse hasta alcanzar altas presiones (30 -55 bar) y temperatura (700 – 900 °C) para que ocurra el autoencendido (Uvidia, 2020, p.38).

De forma general, un motor a diésel absorbe todo el aire que le sea posible para que este sea comprimido energicamente, luego el combustible es inyectado en el aire comprimido, el cual se encuentra muy caliente, lo cual provoca que se dé el autoencendido. Cabe recalcar que en los motores a diésel se utilizan combustibles de dificultosa vaporización (Consuegro, 2007, p.12).

La calidad del diésel se mide mediante el número de cetano, este es una cantidad que establece la conducta del encendido por compresión de un combustible diésel. Para lo cual, se requiere un número mayor a 45 cetanos y se supone teóricamente que es necesario una relación de aire y diésel de 1:14,5. Es importante mencionar, que a mayor número de cetano en el combustible, mayor calidad del diésel, ya que permitirá un rápido encendido y por ende un mejor aprovechamiento del combustible (Conuee, 2013).

Las emisiones contaminantes producidas por un motor a diésel son prácticamente similares a un motor a gasolina. Sin embargo, estas dependen del contenido de carbono en el combustible, las condiciones de inflamación del combustible, la tecnología del catalizador y modo de uso del vehículo. Aquí es importante recalcar, que a pesar de que los motores a diésel generan mayores emisiones de dióxido de carbono en comparación con los motores a gasolina, estas emisiones son consideradas insignificante si se tiene en cuenta que poseen una mayor eficiencia energética sobre el uso real del motor (Querol et al, 2016, p.15)

## CAPÍTULO II

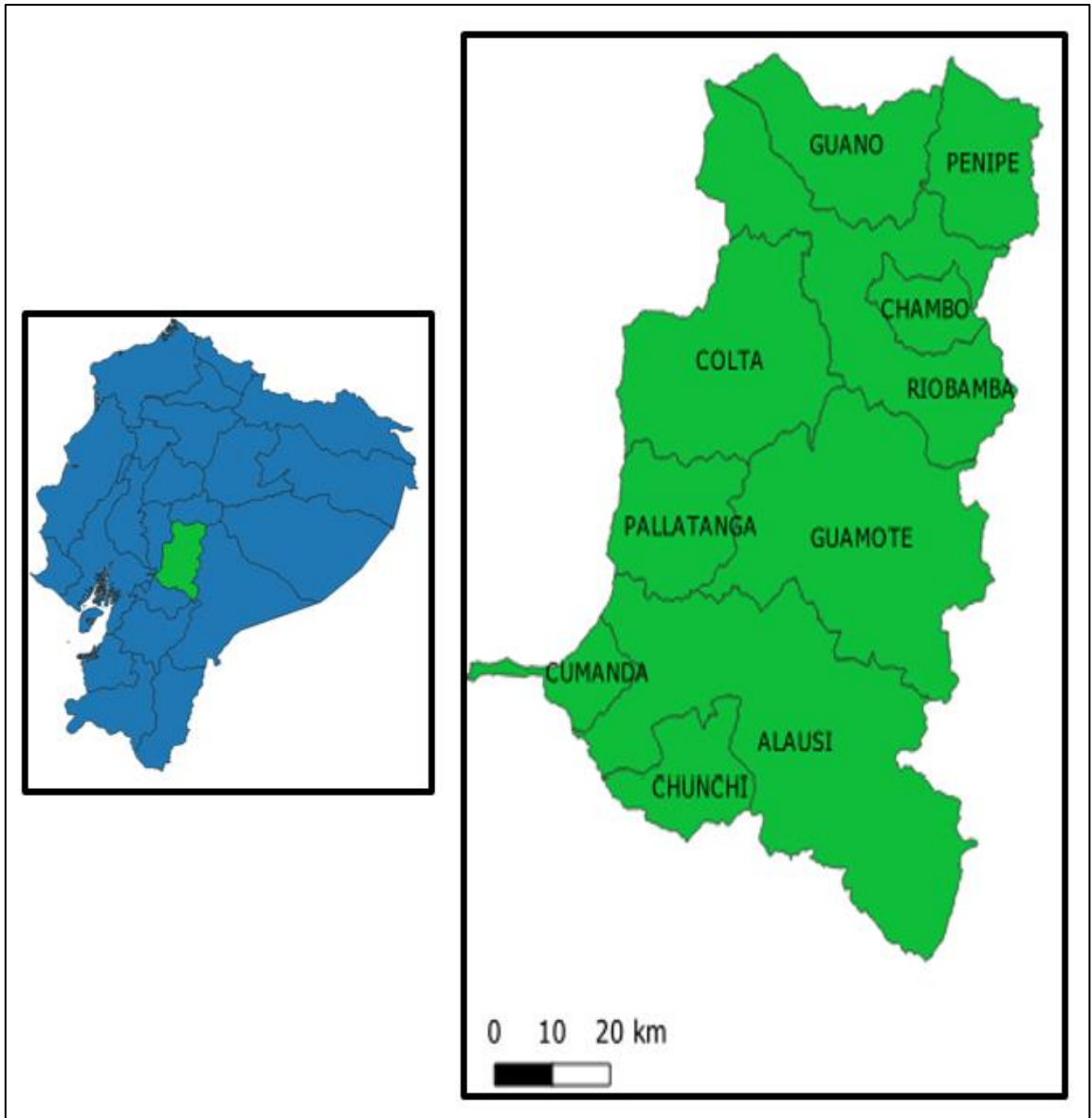
### 2. MARCO METODOLÓGICO

#### 2.1. Área de Estudio

Chimborazo posee una extensión de 6600 km<sup>2</sup> y limita al norte con la provincia de Tungurahua, al sur con Cañar, al este Morona Santiago, al occidente Bolívar y sureste Guayas. Está conformada por 10 cantones: Cumandá, Alausí, Chunchi, Guamote, Guano, Penipe, Pallatanga, Chambo, Colta y Riobamba (Figura 1-2)., la cual además de ser su capital administrativa es considerada su urbe más poblada y grande (INPC, 2010). Su población en el año 2018 según proyecciones poblacionales fue de un total de 515 417 habitantes (INEC, 2021).

El clima ecuatorial de alta montaña es el que predomina en al menos el 58,73% del territorio de la provincia de Chimborazo (Bustamante, 2017, p.16). Sus pisos climáticos fluctúan entre los 1.000 y 4.000 msnm, por lo cual el clima varío sensiblemente según la altura, dando lugar a desiguales ambientes que van desde el glacial en las más sublimes cumbres, el frío de los páramos y hasta el sub-trópico en las tierras más bajas (INPC, 2010, p.31). Por lo cual, se considera que la provincia posee un clima frío y su intensidad varía dependiendo de la altura. Además, gracias a su topografía se puede distinguir dos estaciones climáticas. La primera es la estación lluviosa que dura de octubre a mayo y la segunda la estación seca que dura de junio a septiembre (Prefectura de Chimborazo, 2020, p.30).

La precipitación aproximada es de 1462 mm, lo cual varía a lo largo del año, es decir, los meses en donde se presenta una mayor precipitación son marzo con 90 a 220 mm y octubre con 50 a 70 mm, al contrario del mes de agosto en donde se presentan precipitaciones entre los 10 a 20 mm. La temperatura de la provincia es en promedio de 12.0 °C, aunque las más altas temperaturas registradas pertenecen al mediodía con 23° C y durante en promedio el mes de noviembre (Bustamante, 2017, p.16) (Climata-Data, 2020).



**Figura 1-2.** Ubicación de la zona de estudio.

Realizado por: Gutiérrez, Cristina, 2021.

## 2.2. Modelo de emisiones de tráfico vehicular

Para la determinación de las emisiones de CO<sub>2</sub> se aplicó la ecuación 5, la cual se fundamenta en información sobre los kilómetros recorridos por vehículo (KVR) y su respectivo factor de emisión, el cual fue calculado mediante la ecuación 1-2, el mismo se encuentra representado en gramos de contaminante por kilómetro (SEMARNAT, 1998, p.27).



$$Emisión = \Sigma(FE_a * KVR_a)$$

Ecuación 1-2

Donde:

- *Emisión*: Emisiones de CO<sub>2</sub> (t/año)
- *FE<sub>a</sub>* = Factor de emisión (g/km)
- *KVR* = Actividad expresada kilómetros recorridos por vehículo (km)
- *a* = Tipo de combustible (gasolina o diésel)

Para la determinación del KVR (distancia total recorrida por un vehículo dentro de un periodo de tiempo) se aplicó la ecuación 2-2, la cual se basa en información sobre el parque vehicular de la zona de estudio y el recorrido típico anual durante el periodo de un año (Góngora, 2012, p.24).

$$KVR = (Nv)x(Ra)$$

Ecuación 2-2

Donde:

- *KVR*: Kilómetros recorridos por vehículo
- *Nv*: Número de vehículos
- *Ra*: Recorrido típico anual (km/año)

De acuerdo con la guía de la IPCC, para la determinación de las emisiones de N<sub>2</sub>O y CH<sub>4</sub> para vehículos terrestres, se debe tomar en cuenta que su estimación es compleja debido a que los factores de emisión dependen de las condiciones de uso del vehículo, tipo de combustible y de la tecnología vehicular. Para lo cual la guía propone tres métodos alternativos (Tir 1, Tir 2 y Tir 3). Para el presente trabajo se utilizó Tir 1, debido a que esta se basa únicamente en el consumo de combustible (IPCC, 2006, p.3.15). La ecuación empleada para el cálculo es la 3-2.

$$Emisión = \Sigma(Combustible_a * FE_a)$$

Ecuación 3-2

Donde:

- *Emisión*: Emisiones (N<sub>2</sub>O y CH<sub>4</sub>) (t/año)
- $FE_a$  = Factor de emisión (kg/TJ)
- $Combustible_a$  = Combustible consumido (TJ)
- $a$  = Tipo de combustible (gasolina o diésel)

Para la determinación de las emisiones de SO<sub>2</sub> se hace uso de datos de contenido de azufre y densidad del combustible respectivo (gasolina o diésel). Para determinar el contenido de azufre por galón se utiliza la densidad de los combustibles y el contenido de azufre en ppm, los cuales fueron obtenidos de la empresa EP Petroecuador (EP Petroecuador, 2018). Cabe recalcar que se asume que todo el azufre contenido en los combustibles se transforma en SO<sub>2</sub> y se procede a aplicar la ecuación 4-2.

$$Emisiones\ SO_2 = \frac{V * P \left( \frac{kg}{gal} \right) * S (mg/kg)}{1X10^9}$$

Ecuación 4-2

Donde:

- *Emisiones SO<sub>2</sub>*: Emisiones de Dióxido de Azufre (t/a)
- $S$ : contenido de azufre (mg S / kg de combustible)
- $P$ : Densidad del combustible (kg/gal)
- $V$ : Volumen del combustible (gal)

## 2.3. Factores de Emisión

### 2.3.1. Factor de emisión del CO<sub>2</sub>

Para determinar el factor de emisión del CO<sub>2</sub> se aplica la metodología recomendada por el IPCC, en donde se asume que todo el carbono se transforma en CO<sub>2</sub>, se usan datos de contenido de carbono, rendimiento vehicular por categoría y se emplean densidades y poderes caloríficos de los combustibles, los cuales fueron obtenidos de le EP Petroecuador (EP Petroecuador, 2018). En la ecuación 5-2 se detalla el cálculo:

$$FE_{CO_2} \left( \frac{g}{km} \right) = \frac{\left( CC \left( \frac{g}{kj} \right) * PC \left( \frac{kJ}{kg} \right) * P \left( \frac{kg}{gal} \right) * Factor\ comb \right)}{Ren \left( km/gal \right)}$$

Ecuación -5-2

Donde:

- **FE<sub>CO<sub>2</sub></sub>**: g CO<sub>2</sub>/Km
- **CC**: Contenido de carbono en el combustible (g/kJ)
- **PC**: Poder calorífico del combustible (kJ/kg)
- **P**: Densidad del combustible (kg/gal)
- **Factor comb**: Factor de combustión 44 kg CO<sub>2</sub> por cada 12 kg de carbono combustionado.
- **Ren**: Rendimiento de cada categoría (km/gal)

### 2.3.2. Factor de emisión del CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O

Para el cálculo de las emisiones de CH<sub>4</sub> se utilizó factores de emisión por defecto establecidos por el IPCC (Tabla 2), ya que la guía establece que se puede hacer uso de dichos factores si la misma no es una categoría principal y en el caso de no encontrarse disponibles datos nacionales (IPCC, 2006, p.3.10).

Para el cálculo de las emisiones de N<sub>2</sub>O, se tomó en cuenta que durante la combustión las emisiones de NO<sub>x</sub> están formadas por un 90% de NO y el 10% de N<sub>2</sub>O (Prieto, 2018, p.12). Por lo cual se utilizó el 10% de valores de los factores de emisión utilizados por el Ministerio de Ambiente para la determinación del NO<sub>x</sub> en los inventarios de emisiones de Cantones del Proyecto Calidad del Aire Fase II (MAE, 2014, p.104) para los vehículos desde el año 2012 y 2003 y anteriores. No obstante, para los vehículos con año-modelo desde el 2013 al 2019, se utilizó los factores de emisión por defecto establecidos por el IPCC, los cuales se detallan en la Tabla 1-2.

**Tabla 1-2:** Factores de emisión por defecto de CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O para transporte terrestre.

Factores de emisión de CH <sub>4</sub> y N <sub>2</sub> O para transporte terrestre						
Tipo de combustible	CH <sub>4</sub> (kg/TJ)			N <sub>2</sub> O (kg/TJ)		
	Por defecto	Inferior	Superior	Por defecto	Inferior	Superior
Gasolina para motores - sin controlar (b)	33	9,6	110	3,2	0,96	11
Gas/diésel oil	3,9	1,6	9,5	3,9	1,3	12

Fuente: IPCC, 2006.

Realizado por: Gutiérrez, Cristina, 2021.

## **2.4. Definición del Parque vehicular**

### **2.4.1. Rendimiento Vehicular**

Los datos sobre rendimiento vehicular se encontraban disponibles hasta el año 2012 con base en el año-modelo y tipo de combustible, los mismos fueron tomados de Palermo, 2014. Sin embargo, no existen datos sobre rendimiento vehicular para los vehículos año-modelo desde el 2013 al 2019, por lo cual, para su determinación se analizó los Anuarios desde el 2013 al 2019 de la Asociación de Empresas Automotrices del Ecuador, en los cuales se encuentra información detallada sobre los modelos vehiculares más vendidos en cada año respectivamente. Se eligió los 3 modelos más vendidos teniendo en cuenta la categoría vehicular y el año. Posterior, se clasificó de acuerdo a su categoría, modelo vehicular o marca y tipo de combustible. Finalmente, se investigó y analizó el rendimiento vehicular de cada modelo, teniendo en cuenta su rendimiento en carretera y en zona urbana (AEADE, 2013-2019).

### **2.4.2. Recorrido Anual Promedio**

Los datos de recorrido anual promedio se encontraban disponibles hasta el año 2012, con base en el año-modelo y tipo de combustible, los mismos fueron tomados de Palermo, 2014. Por lo cual, para la determinación del recorrido anual promedio de los vehículos de años modelos desde el 2013 al 2019 se realizó en primera instancia la determinación de la muestra y posterior se realizó una encuesta digital mediante el uso del aplicativo Formularios de Google para luego ser distribuida en la zona de estudio. La misma nos permitió obtener datos sobre tipo de vehículo, el tipo de combustible, año de fabricación o año modelo y la cantidad de kilómetros que recorre en promedio diariamente.

Para la determinación de la muestra (número de conductores a aplicar la encuesta), se aplicó la ecuación 6-2:

$$n = \frac{Z^2 * N * p * q}{e^2 * (N - 1) * Z^2 * p * q}$$

Ecuación 6-2

Donde:

- $n$ : Muestra
- $Z$ : Nivel de confianza (1,96)
- $N$ : Población
- $p$ : Probabilidad a favor (0,5)
- $q$ : Probabilidad en contra (0,5)
- $e$ : Error de estimación (0,05)

#### ***2.4.3. Estructuración del parque vehicular que circuló en la Provincia de Chimborazo en el año 2018***

Para determinar el parque vehicular de la zona de estudio, se analizó el Anuario Nacional de Transporte-2018 del Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC, 2020), en donde se encuentra información estadística detallada sobre la cantidad de vehículos matriculados según la provincia, el tipo de combustible que utiliza el vehículo, la categoría y el año-modelo. Además, para su estructuración se tuvo en cuenta datos disponibles de rendimiento vehicular y recorrido anual promedio.

Partiendo de dicha información se procedió a clasificar el parque vehicular teniendo en cuenta la categoría y el tipo de combustible. El parque vehicular se distribuyó en las siguientes categorías:

- Automóviles
- Camionetas y furgonetas
- SUV
- Motos
- Buses
- Pesados (camión, tanquero, tráiler y volqueta).

A esta clasificación se agregó la categoría “Otra clase”, ya que dentro de los datos obtenidos del INEC se encontró 196 vehículos que no pertenecen a las categorías mencionadas. Además, la categoría “motos”, fue solo considerada como un automotor a gasolina y la categoría buses, fue solo considerada como automotor a diésel.

Por otro lado, en cuanto al tipo de combustible, considerando que en Ecuador se comercializa dos tipos de gasolina (súper y extra) y dos tipos de diésel (Diésel premium y diésel II) y que no existe información que especifique que tipo de combustible es utilizada por cada categoría vehicular. En la presente investigación se utilizará combustibles con las propiedades especificadas por la empresa EP Petroecuador, los cuales se muestran en la Tabla 2-2.

**Tabla 2-2:** Características de los combustibles para estimar las emisiones del sector transporte.

Tipo de combustible	Contenido azufre (ppm)	Densidad (kg/gal)	*Poder calorífico (TJ/Gg)
Gasolina	300	3633,99	43,72
Diésel	280	3274,75	43,1

Fuente: EP Petroecuador, 2018.

\*CTFE, 2020.

Realizado por: Gutiérrez, Cristina, 2021.

#### 2.4.3.1. Consumo de combustible

Se estimó el consumo de combustible teórico anual de cada categoría para cada tipo de combustible mediante la aplicación de la ecuación 7-2:

$$\text{Consumo de combustible} \left( \frac{\text{gal}}{\text{año}} \right) = \frac{Nv * Ra \text{ (km/año)}}{Ren \text{ (km/gal)}}$$

Ecuación 7-2

Donde:

- *Nv*: Número de vehículos por cada categoría
- *Ra*: Recorrido típico anual (km/año)
- *Ren*: Rendimiento de cada categoría (km/gal)

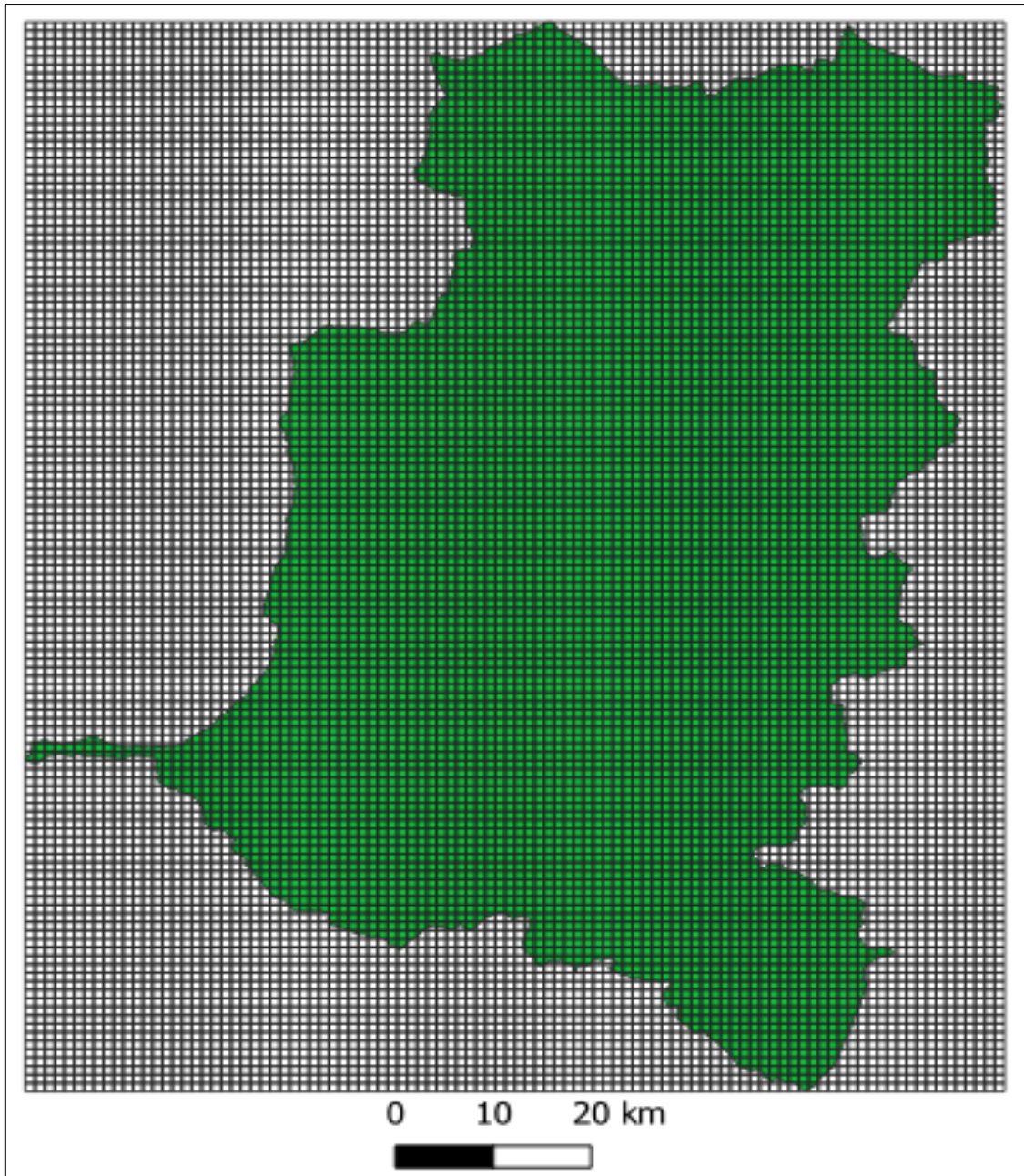
Para obtener un valor más aproximado del parque automotor que circulo en la zona de estudio se asume que la cantidad total de combustible vendido en la Provincia de Chimborazo es igual a la suma de combustible consumido por las diferentes categorías vehiculares (Ntziachristos & Samaras, 2013, p.19). Para lo cual se utilizó la composición del parque vehicular, el recorrido típico anual, el rendimiento de cada categoría y los datos de las ventas de combustibles en la zona de estudio durante el año 2018 proporcionados por la Agencia de Regulación y Control Hidrocarburíferas (ARCH, 2018). Esto nos permite tomar en cuenta los vehículos que no han sido matriculados y por ende no se encuentran en la base de datos del INEC. Posterior, con base en los datos del INEC se asume una participación porcentual para cada categoría y se procede a realizar una modificación del parque vehicular inicial,

para así lograr un consumo de combustible similar al de las ventas reportadas por el ARCH en la zona de estudio.

## **2.5. Características del inventario de gases de efecto invernadero**

El periodo del presente inventario es de un año, tomando como año base el año 2018. En donde toda la información estadística como consumo de combustible, composición del parque automotor y mapa de intensidad de tráfico vehicular corresponderá al año 2018.

Para llevar a cabo este inventario se utilizó una malla de 12600 celdas dando una resolución espacial de 1 km, en la que se inscribe toda la superficie de la provincia de Chimborazo. La composición de la malla es de 100 celdas horizontales y 126 celdas verticales (Figura 2-2).



**Figura 2-2.** Zona de estudio dentro de la malla.

Realizado por: Gutiérrez, Cristina, 2021.

## 2.6. Distribución espacial de emisiones

Para repartir espacialmente las emisiones vehiculares de cada contaminante en la zona de estudio, se elaboró mapas de emisión de contaminantes. Para lo cual, se elaboró un mapa de intensidad de tráfico vehicular, a partir de un mapa de ejes viales actualizado, el cual fue obtenido de documentos de



cartografía de libre acceso del geo portal del Instituto Geográfico Militar (IGM, 2018). Posterior se fijó un valor de intensidad de tráfico vehicular a las diferentes vías que conforman la zona de estudio. Debido a que la información sobre la intensidad de tráfico en la zona de estudio es escasa, se utilizó los datos del Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA) de las vías principales con interés turístico que se encuentran en el Boletín de Estadísticas Turísticas 2013-2017 (Ministerio de Turismo, 2020, p.36).

Para obtener los datos de tráfico promedio diario anual para el año 2018, se realizó una proyección mediante la utilización de la tasa de crecimiento anual por tipo de vehículo.

**Tabla 3-2:** Tasa de crecimiento anual por tipo de vehículo.

Tasa de crecimiento anual del tráfico (%) - Periodo 2015-2020	
Liviano	4,47
Bus	2,22
Camión	2,18

Fuente: MTOP, 2019.

Realizado por: Gutiérrez, Cristina, 2021.

A partir de la información de tráfico obtenida del Boletín de Estadísticas Turísticas 2013-2017, se aplica la ecuación 8-2 y se proyecta para el año 2018 haciendo uso de los datos de la Tabla 3-2.

$$TPDA_f = (TPDA_a)(1 + x)^n$$

Ecuación 8-2

Donde:

- **$TPDA_f$** : Tráfico promedio diario anual futuro
- **$TPDA_a$** : Tráfico promedio diario anual actual
- **$x$** : Índice de crecimiento anual
- **$n$** : Número de años proyectados

## CAPÍTULO III

### 3. MARCO DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

#### 3.1. Rendimiento vehicular

**Tabla 1-3:** Rendimiento por tipo de vehículo. Vehículos a gasolina (km/gal).

Modelo	Automóviles	Camionetas y furgonetas	SUV	Motos	Pesados	Otra clase
*2003 y años anteriores	35	30	30	50	22	35
*2004	35	30	30	50	22	35
*2005 - 2012	35	30	30	50	28	35
2013-2015	33	33	36	55	30	30
2016-2017	37	36	36	65	32	37
2018-2019	45	39	36	85	35	45

Fuente: \*Palermo, 2014.

Realizado por: Gutiérrez, Cristina, 2021.

La Tabla 1-3 muestra el rendimiento de los vehículos a gasolina según su año de fabricación y categoría. Los vehículos con años de fabricación desde el 2013 al 2019 poseen rendimientos que van aumentando de acuerdo con el año-modelo, estos valores oscilan entre los 33 a 45 kilómetros por galón, esto sin considerar la categoría “motos”, ya que esta posee un mayor rendimiento vehicular (55 a 85 kilómetros por galón). Esto se explica al considerar que el consumo de combustible se encuentra íntimamente relacionado con el peso y tamaño del automotor, es decir, cuando menor sea el peso del automotor menor va a ser la potencia que se necesite para moverlo y por ende esa menor potencia demanda un menor consumo de combustible para recorrer una determinada distancia (Zamora, 2018).

**Tabla 2-3:** Rendimiento vehicular por tipo de vehículo. Vehículos a diésel (km/gal).

Modelo	Automóviles	Camionetas y furgonetas	SUV	Pesados	Buses	Otra clase
*2003 y años anteriores	35	35	35	22	22	29,8
*2004 - 2012	40	35	35	22	22	30,8
2013-2015	47	40	55	28	22	47
2016-2017	52	43	67	37,5	24	52
2018-2019	61	66	66	40	24	61

Fuente: \*Palermo, 2014.

Realizado por: Gutiérrez, Cristina, 2021.

La Tabla 2-3 muestra el rendimiento de los vehículos a diésel clasificados por año de fabricación y categoría. Los vehículos con año-modelo desde el 2013 al 2019 poseen rendimientos que oscila entre los 40 y 67 kilómetros por galón, a excepción de la categoría “Buses”, la cual tiene un rendimiento

vehicular considerablemente bajo (22 a 24 kilómetros por galón). Esto se justifica al considerar su tamaño, ya que a mayor tamaño es necesario una mayor potencia para su movilización, lo cual denota un mayor consumo de combustible en una menor distancia (Barbosa & Betancur, 2016, p.40).

### 3.2. Recorrido Anual Promedio

**Tabla 3-3:** Recorrido típico por tipo de vehículo. Vehículos a gasolina (km/año).

Modelo	Automóviles	Camionetas y furgonetas	SUV	Motocicletas	Pesados	Otra clase
*2003 y años anteriores	14000	16000	16000	12000	10000	14000
*2004 - 2007	15000	16000	16000	12000	10000	15000
*2008	17000	17000	17000	12000	12000	17000
*2009 - 2012	18000	18000	18000	12000	12000	18000
2013-2016	20513	21048	18664	12514	13000	20513
2017-2019	21070	21379	18737	13114	13000	21070

Fuente: \*Palermo, 2014.

Realizado por: Gutiérrez, Cristina, 2021.

En la Tabla 3-3 muestra el recorrido anual promedio de los vehículos a gasolina según su año de fabricación y categoría vehicular. El recorrido de los vehículos modelos desde el año 2013 al 2019 varía entre 13 000 a 21 070 kilómetros al año. Destacando, la categoría “automóviles”, “camionetas y furgonetas” y “otra clase”, como las categorías con un mayor recorrido anual. Esto se justifica al considerar, que este tipo de automotores por lo general son de uso particular (Prefectura de Chimborazo, 2020, p.45).

**Tabla 4-3:** Recorrido típico por tipo de vehículo. Vehículos a diésel (km/año).

Modelo	Automóviles	Camionetas y furgonetas	SUV	Pesados	Buses	Otra clase
*2003 y años anteriores	16000	35000	16000	75000	90000	35500
*2004	16000	35000	16000	75000	90000	35500
*2005 - 2006	16000	40000	16000	75000	90000	36750
*2007	16000	50000	16000	75000	90000	39250
*2008 - 2012	17000	50000	17000	75000	90000	39750
2013-2016	18000	52510	17642	77657	92984	39950
2017-2019	18000	53881	17642	78718	93000	40050

Fuente: \*Palermo, 2014.

Realizado por: Gutiérrez, Cristina, 2021.

En la Tabla 4-3 muestra el recorrido anual promedio de los vehículos a diésel considerando su año de fabricación y categoría vehicular. El recorrido de los vehículos modelos desde el año 2013 al 2019 varía entre los 18 000 a 93 000 kilómetros al año. Destacando, la categoría “pesados”, y “buses”,

como las categorías con un mayor recorrido anual. Esto se explica al considerar, que la provincia de Chimborazo es atravesada por importantes tramos viales, además de poseer una terminal terrestre de gran importancia comercial en su capital (Prefectura de Chimborazo, 2020, p.32).

### 3.3. Composición del Parque vehicular

Según datos del INEC en el área de estudio se encuentran matriculados 68 074 vehículos hasta el año 2018 (INEC, 2020), para los cuales se determinó que consumieron 28 239 290 galones de gasolina al año y 21 984 549 galones de diésel. Lo cual difiere con los datos de consumo de combustible reportados por el ARCH en la zona de estudio para el año 2018, por lo que se procedió a modificar el parque vehicular teniendo en cuenta dichos datos. Es así, que se incrementó en un 25% el parque a gasolina y en un 38,7 % el parque a diésel con el objetivo de reducir la diferencia entre el consumo de combustible estimado a partir de los datos del INEC y el consumo de combustible reportado por el ARCH (AIHE, 2019, p.19). Obteniendo así, un parque vehicular final de 86 472 vehículos que circularon en la zona de estudio durante el año 2018. De lo cual se puede concluir que cerca de un 21,27% de los vehículos que circularon en la Provincia de Chimborazo durante el año 2018, no se encontraban matriculados.

La Tabla 5-3 indica el consumo de combustible estimado y el reportado por el ARCH. Obteniendo un 0,03% de error de estimación para la gasolina y un 0,04% para el diésel.

**Tabla 5-3:** Consumo de combustible estimado, real y diferencia porcentual del parque vehicular.

Consumo de combustible			
	Estimado* (gal/año)	ARCH** (gal/año)	Diferencia (%)
Gasolina	35299283,77	35310000,00	0,03
Diésel	30486776,81	30500000,00	0,04
		Error de estimación (%)	0,07

**Fuente:** \*Consumo calculado con base en el recorrido anual y rendimiento teórico.

\*\*Estadísticas de venta de combustible de la ARCH, 2018.

**Realizado por:** Gutiérrez, Cristina, 2021.

En la Tabla 6-3 se observa la conformación del parque vehicular inicial y el parque vehicular ya modificado de la Provincia de Chimborazo, con base en el tipo de combustible. El 85,21% de los vehículos son a gasolina y el 14,79% son a diésel.

**Tabla 6-3:** Parque vehicular inicial y final de la zona de estudio.

Tipo de combustible	Parque vehicular inicial*	Parque vehicular final**
<b>Diésel</b>	10 068	13 964
<b>Gasolina</b>	58 006	72 508
<b>Parque Vehicular total</b>	68 074	86 472

Fuente: \*INEC, 2018.

\*\*Estadísticas de venta de combustible de la ARCH, 2018.

Realizado por: Gutiérrez, Cristina, 2021.

La composición del parque vehicular final que circuló en la Provincia de Chimborazo durante el año 2018 de acuerdo con los datos del ARCH, se muestra en la Tabla 7-3 y Tabla 8-3, en donde se encuentra clasificado con base en el tipo de combustible.

**Tabla 7-3:** Composición del parque vehicular. Vehículos a Gasolina.

Modelo	Automóviles	Camionetas y Furgonetas	SUV	Motocicletas	Pesados	Otra clase
<b>2003 y años anteriores</b>	8498	5240	3012	2363	260	56
<b>2004</b>	801	494	284	223	25	5
<b>2005</b>	1108	683	393	308	34	7
<b>2006</b>	1249	770	443	347	38	8
<b>2007</b>	1400	863	496	389	43	9
<b>2008</b>	1319	813	468	367	40	9
<b>2009</b>	1778	1096	630	494	54	12
<b>2010</b>	1500	925	532	417	46	10
<b>2011</b>	2085	1286	739	580	64	14
<b>2012</b>	1988	1226	705	554	60	13
<b>2013</b>	1989	1227	704	553	61	12
<b>2014</b>	1710	1054	606	475	52	11
<b>2015</b>	1754	1081	622	488	54	12
<b>2016</b>	839	517	297	233	26	6
<b>2017</b>	866	534	307	241	27	6
<b>2018</b>	1862	1148	660	518	57	12
<b>2019</b>	969	597	343	269	30	6
<b>TOTAL</b>	<b>31715</b>	<b>19554</b>	<b>11241</b>	<b>8819</b>	<b>971</b>	<b>208</b>
						<b>72 508</b>

Fuente: ARCH, 2018.

Realizado por: Gutiérrez, Cristina, 2021.

La Tabla 7-3 representa el número de vehículos a gasolina por año de fabricación y categoría. 72 508 vehículos a gasolina recorrieron la zona de estudio durante el año 2018. La categoría que abarca la mayor parte del parque vehicular a gasolina es “automóviles”, la cual representan el 43,74 %. La mayor parte de vehículos están repartidos en el año 2009 (5,60%) y 2011 (6,58%). La categoría

“camionetas y furgonetas” ocupan el segundo lugar con un 26,97%. Mientras que las categorías “motos” y “otra clase” se encuentra en los últimos lugares con un 12,16% y 0,29% respectivamente.

**Tabla 8-3:** Composición del parque vehicular. Vehículos a Diésel.

Modelo	Automóvil	Camionetas y Furgonetas	SUV	Pesados	Buses	Otra clase
2003 y años anteriores	20	1079	580	1637	417	11
2004	2	102	55	154	39	2
2005	2	141	76	213	54	0
2006	3	158	85	240	61	2
2007	3	178	96	269	69	2
2008	3	167	90	254	65	2
2009	4	226	121	342	87	4
2010	3	190	102	289	74	0
2011	5	265	142	401	102	2
2012	4	252	136	383	98	3
2013	4	252	136	384	97	3
2014	4	217	117	329	84	2
2015	4	223	120	338	86	2
2016	2	107	57	162	41	1
2017	2	110	59	167	43	1
2018	4	236	127	358	91	3
2019	2	123	66	186	48	0
<b>TOTAL</b>	<b>71</b>	<b>4026</b>	<b>2165</b>	<b>6106</b>	<b>1556</b>	<b>40</b>
						<b>13964</b>

Fuente: ARCH, 2018.

Realizado por: Gutiérrez, Cristina, 2021.

La Tabla 8-3 representa el número de vehículos a diésel por año de fabricación y categoría. 13 964 vehículos a diésel circularon por la zona de estudio durante el año 2018, de los cuales la categoría más representativa es “pesados” con un 43,72%, seguido de la categoría “camionetas y furgonetas” (28,82%), “SUV” (15,50%) y “buses” (11,14%). El acumulado por categoría muestra que la categoría “otra clase” es la menos representativa con un 0,27%. Por otra parte, el mayor porcentaje de vehículos a diésel se registran en los años 2011 y 2018 con 6,57% y 20,31% respectivamente.

### 3.4. Factores de emisión

Los factores de emisión obtenidos en esta investigación guardan concordancia con los determinados en el estudio sobre Procesamiento de parámetros físicos e inventario de emisiones atmosféricas antropogénicas (Palermo, 2014, p.113). Cabe recalcar que la determinación de factores de emisión propios de un lugar nos permite obtener un valor cercano al real de emisiones contaminantes (IPCC, 2006).

**Tabla 9-3:** Factores de emisión del CO<sub>2</sub> (g/km).

<b>Vehículos a gasolina</b>						
<b>Modelo</b>	<b>Automóviles</b>	<b>Camionetas y furgonetas</b>	<b>SUV</b>	<b>Motocicletas</b>	<b>Pesados</b>	<b>Otra clase</b>
<b>2003 y años anteriores</b>	314,58	367,01	367,01	220,20	500,47	314,58
<b>2004</b>	314,58	367,01	367,01	220,20	500,47	314,58
<b>2005 - 2012</b>	314,58	367,01	367,01	220,20	393,22	314,58
<b>2013-2015</b>	333,64	333,64	305,84	200,19	367,01	367,01
<b>2016-2017</b>	297,57	305,84	305,84	169,39	344,07	297,57
<b>2018-2019</b>	244,67	282,31	305,84	129,53	314,58	244,67
<b>Vehículos a diésel</b>						
<b>Modelo</b>	<b>Automóviles</b>	<b>Camioneta y Furgonetas</b>	<b>SUV</b>	<b>Pesados</b>	<b>Buses</b>	<b>Otra clase</b>
<b>2003 y años anteriores</b>	298,68	298,68	298,68	475,18	475,18	350,80
<b>2004 - 2012</b>	261,35	298,68	298,68	475,18	475,18	339,41
<b>2013-2015</b>	222,42	261,35	190,07	373,35	475,18	222,42
<b>2016-2017</b>	201,04	243,11	156,03	278,77	435,58	201,04
<b>2018-2019</b>	171,38	158,39	158,42	261,35	435,58	171,38

**Fuente:** Con base en el rendimiento promedio y recorrido típico.

**Realizado por:** Gutiérrez, Cristina, 2021.

La Tabla 9-3 indica los factores de emisión del CO<sub>2</sub>, es decir los gramos emitidos del contaminante por kilómetro recorrido, según el tipo de combustible, año de fabricación y categoría. En esta tabla se observa que los automotores año-modelo desde el 2015 al 2003 y anteriores, generan emisiones más altas por kilómetro recorrido que los automotores de los años desde el 2016 al 2019. Estos valores difieren debido al año-modelo, peso del vehículo y el tamaño del motor, es decir las concentraciones son menores a medida que el automotor es más nuevo. La categoría “motos”, a gasolina, es el automotor que genera menos emisiones por kilómetro recorrido, al igual que la categoría “camionetas y furgonetas” a diésel.

**Tabla 10-3:** Factores de emisión del N<sub>2</sub>O (g/km).

<b>Vehículos a gasolina</b>						
<b>Modelo</b>	<b>Automóviles</b>	<b>Camionetas y furgonetas</b>	<b>SUV</b>	<b>Motocicletas</b>	<b>Pesados</b>	<b>Otra clase</b>
<b>2003 y años anteriores</b>	0,099	0,121	0,121	0,028	0,251	0,114
<b>2004</b>	0,094	0,114	0,113	0,028	0,247	0,107
<b>2005</b>	0,088	0,106	0,105	0,028	0,244	0,1
<b>2006</b>	0,083	0,099	0,097	0,028	0,241	0,093
<b>2007</b>	0,082	0,094	0,092	0,028	0,238	0,089
<b>2008-2012</b>	0,081	0,094	0,091	0,028	0,238	0,089
<b>Vehículos a diésel</b>						
<b>Modelo</b>	<b>Automóviles</b>	<b>Camionetas y furgonetas</b>	<b>SUV</b>	<b>Pesados</b>	<b>Buses</b>	<b>Otra clase</b>
<b>2003 y años anteriores</b>	0,069	0,106	0,106	0,575	1,178	0,106
<b>2004</b>	0,068	0,104	0,104	0,573	1,389	0,104
<b>2005</b>	0,067	0,096	0,096	0,572	1,386	0,096
<b>2006</b>	0,066	0,084	0,084	0,57	1,383	0,084
<b>2007</b>	0,065	0,075	0,075	0,568	1,38	0,075
<b>2008-2012</b>	0,064	0,073	0,073	0,568	1,38	0,073

Fuente: MAE, 2016.

Realizado por: Gutiérrez, Cristina, 2021.

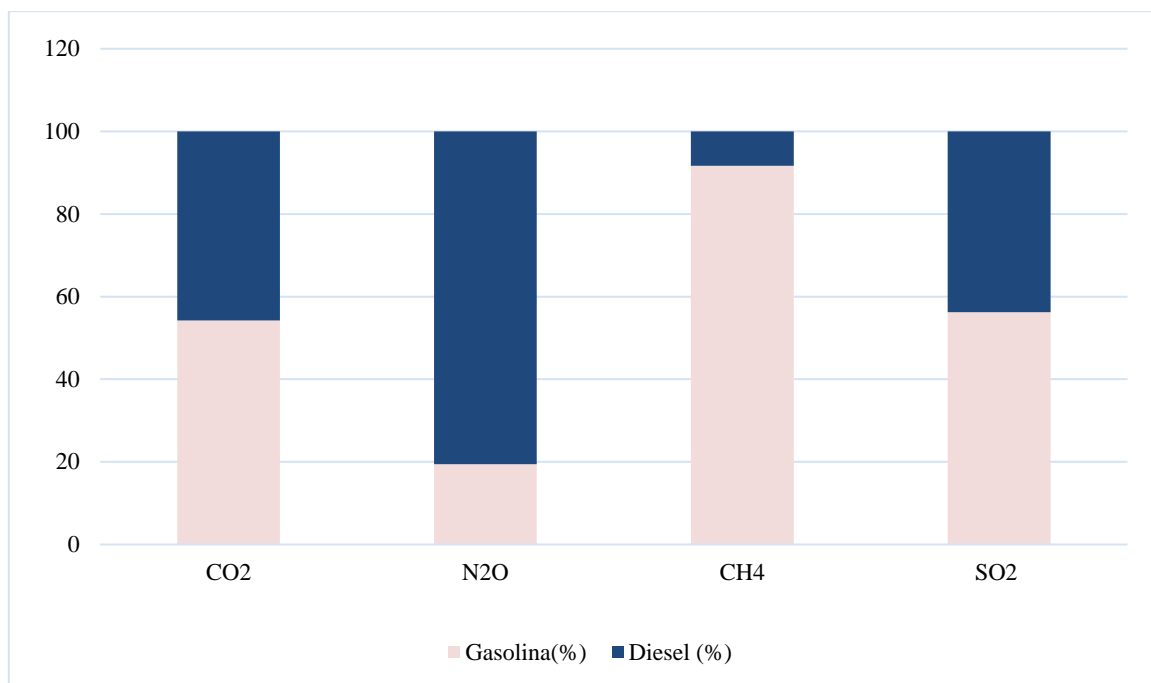
La Tabla 10-3 muestra los factores de emisión del N<sub>2</sub>O según el tipo de combustible y categoría vehicular, los cuales fueron tomados del documento Inventarios de Emisiones de Cantones del Proyecto Calidad del Aire Fase II (MAE, 2016, p.104). Aquí es relevante mencionar que se utilizó solo el 10% del valor de cada uno de los factores de emisión del NO<sub>x</sub>, esto se justifica al considerar que durante la combustión las emisiones de NO<sub>x</sub> están formadas por un 90% de NO y el 10% de N<sub>2</sub>O (Prieto, 2018, p.12). Como se observa en la tabla 10-3, los factores de emisión tomados a partir de datos del MAE solo están disponibles hasta el año modelo 2012, por lo cual para los vehículos con año-modelo desde el 2013 al 2019, se utilizó los factores de emisión por defecto establecidos por el IPCC.

En la tabla 10-3 se observa como los factores de emisión se van reduciendo a medida que el vehículo es más nuevo, es decir dependen del año-modelo, esto se justifica al considerar que año tras año la el parque vehicular y las tecnologías vehiculares se van renovando con el objetivo de aumentar el rendimiento vehicular y reducir consumo de combustible y en consecuencia emisiones contaminantes (BID,2013, p.12).



### 3.5. Emisiones GEI del tráfico vehicular

#### 3.5.1. Según el tipo de combustible



**Gráfico 1-3.** Porcentaje de emisión por tipo de combustible.

Realizado por: Gutiérrez, Cristina, 2021.

La Gráfico 1-3 representa el porcentaje de emisión por tipo de combustible. En donde se puede observar que los vehículos a gasolina son los que aportan mayores emisiones de CO<sub>2</sub> (54,23%), SO<sub>2</sub> (56,23%) y CH<sub>4</sub> (91,65%), mientras que el principal responsable de las emisiones de N<sub>2</sub>O (80,55%) son los vehículos a diésel.

En cuanto a las emisiones de CO<sub>2</sub>, estos porcentajes se explican al considerar que el 85,21% del total del parque vehicular está representado por los vehículos a gasolina, mientras que apenas el 14,79% está representado por los vehículos a diésel. Además, hay que considerar que la provincia de Chimborazo al poseer una topografía irregular que varían entre 2754 y 4447 msnm, lo cual implica una variación de la disponibilidad de oxígeno en ciertas zonas de la provincia, y a su vez afecta los procesos de combustión dentro del motor. No obstante, también se debe considerar el efecto del rendimiento del motor en el cual se da la combustión, ya que esto puede producir variaciones significativas en las emisiones de vehículos con motores a gasolina o diésel (Montero, 2014, p.78). Por

otra parte, en el año 2010 el MAE en el Proyecto Calidad del Aire III reporto 268 028,4 t/año de CO<sub>2</sub> con un parque vehicular de 45 413 vehículos tan solo para la ciudad de Riobamba (MAE, 2014, p.98), lo cual concuerda con el resultado obtenido para el año 2018, con un parque vehicular de 86 472 vehículos se reporta un total de 709 505, 13 t/año de CO<sub>2</sub> para toda la provincia de Chimborazo.

Ahora bien, del total de emisiones de N<sub>2</sub>O el 80, 55% corresponde a vehículos a diésel, este porcentaje es coherente con lo indicado por la literatura, según la cual nos indica que este gas es emitido especialmente por vehículos con motor a diésel los cuales trabajar bajo condiciones de altas presiones y temperaturas (Instituto Nacional de Ecología, 2009). En otra instancia es importante mencionar que es emitido inicialmente en forma de NO, el cual al reaccionar con el aire forma el N<sub>2</sub>O.

Las emisiones de SO<sub>2</sub> de los vehículos a gasolina, representan el 56,23%, mientras que los vehículos a diésel representan el 43,77%, esto se justifica al considerar que ambos combustibles contienen casi el mismo contenido de azufre (GCE, 2020). En el año 2010 el MAE en el Proyecto Calidad del Aire III reporto 262,97 t/año de SO<sub>2</sub>, lo cual al compararlo con el resultado obtenido es notoria que las emisiones han bajado, esto debido a que el contenido de azufre en los combustibles ecuatorianos cada año es menor.

Las emisiones de CH<sub>4</sub> de los vehículos a gasolina representan el 91,65%, esto se justifica al considerar que cerca del 65% de modelos a partir del 2011 a 2003 y anteriores han sobrepasado su vida útil, lo cual implica un mal estado del motor y esto puede provocar emisiones particularmente altas (Neira, 2017, p.56).

### 3.5.2. Según la categoría vehicular

**Tabla 11-3:** Porcentajes de las emisiones de los GEI analizados. Desglose por categoría.

Categoría vehicular	CO <sub>2</sub>		N <sub>2</sub> O		SO <sub>2</sub>		CH <sub>4</sub>	
	(t/año)	%	(t/año)	%	(t/año)	%	(t/año)	%
Automóviles	170380,93	24,01	33,09	8,31	61,30	24,65	80,16	39,31
Camionetas y Furgonetas	169226,00	23,85	36,47	9,16	61,41	24,69	60,69	30,08
SUV	74388,69	10,48	16,60	4,17	27,46	11,04	32,31	15,90
Motocicletas	25458,38	3,59	2,39	0,60	7,96	3,20	10,43	5,11
Buses	66418,78	9,36	125,95	31,63	22,47	9,03	3,46	2,10
Pesados	202032,80	28,48	183,36	46,05	67,53	27,15	12,22	7,22
Otra clase	1599,55	0,23	0,34	0,09	0,57	0,23	0,56	0,28

Realizado por: Gutiérrez, Cristina, 2021.

La Tabla 11-3 muestra el porcentaje de las emisiones GEI desglosadas por tipo de contaminante y categoría. La categoría de “automóviles” y “camionetas y furgonetas” es la que más aporta a las emisiones de CO<sub>2</sub> (47,86%), SO<sub>2</sub> (49,34%) y CH<sub>4</sub> (69,39%). En el inventario de emisiones atmosféricas de tráfico vehicular del Distrito Metropolitano de Quito, año 2012, también se identifican que las categorías automóviles, camionetas y furgonetas son las que más aportan a las emisiones de SO<sub>2</sub> (Vega, 2012, p.61). Ahora bien, se justifica que exista una mayor emisión de CO<sub>2</sub> por parte de las categorías mencionadas, porque estas representan el 64,03% del parque vehicular.

Cabe recalcar que dichas emisiones están relacionadas con la actividad que estos realizan, ya que un bus por lo general recorre entre 5 y 10 veces más distancia en comparación con el recorrido de un automóvil a gasolina (CORPAIRE, 2009). Además, se conoce que los vehículos a diésel son los que más generan emisiones de NO<sub>x</sub> con respecto a los vehículos de gasolina (Instituto Nacional de Ecología, 2009). Por lo cual, al considerarlo de forma individual como automotores a Diésel son altamente contaminantes, ya que emiten 94,2 veces más NO<sub>x</sub> y 7,8 veces más de SO<sub>2</sub> que los automóviles a gasolina (CORPAIRE, 2009).

No obstante, las categorías “motocicletas” y “otra clase”, son las categorías que representan los valores más bajos de emisiones contaminantes. Para el caso de las motocicletas, se justifica al considerar que a pesar de que una motocicleta puede producir 16 veces más hidrocarburos que un automóvil (Vasic & Weilenmann, 2006, p.154). Sus características les permiten emitir menos emisiones al día, como, por ejemplo, al tener menos espacio estas se calientan más rápido y al no tener que perder tiempo en atascos, lo cual hace que dejen de emitir contaminantes entre el 50% y 70% menos que un automóvil.

### 3.6. Estimación anual de Emisiones GEI procedentes del tráfico vehicular

**Tabla 12-3:** Emisiones GEI del tráfico vehicular en la Provincia de Chimborazo. Año, 2018. Desglose por tipo de combustible (t/año).

Tipo de combustible	CO <sub>2</sub>		N <sub>2</sub> O		CH <sub>4</sub>		SO <sub>2</sub>	
	(t/año)	%	(t/año)	%	(t/año)	%	(t/año)	%
Gasolina	384704,32	54,22	77,46	19,45	183,15	91,65	139,84	56,23
Diésel	324800,81	45,78	320,75	80,55	16,68	8,35	108,84	43,77
<b>Total</b>	<b>709505,13</b>	<b>100</b>	<b>398,21</b>	<b>100</b>	<b>199,83</b>	<b>100</b>	<b>248,68</b>	<b>100</b>

Realizado por: Gutiérrez, Cristina, 2021.

La tabla 12-3 indica las emisiones totales por tipo de GEI analizado y tipo de combustible. Las emisiones de CO<sub>2</sub> son las más representativas, ya que es el gas que mayormente se emite como resultado de la combustión. Sin embargo, no todos los GEI producen el mismo impacto sobre el planeta. Cada GEI posee un índice de Potencial de Calentamiento Global (GWP, por sus siglas en inglés), el cual identifica su tiempo de permanencia en la atmósfera y su fuerza para absorber la energía. A pesar de que las emisiones N<sub>2</sub>O y CH<sub>4</sub> son relativamente bajas, estas tienen un impacto considerable sobre el planeta, debido a que poseen un alto GWP.

Las emisiones de CO<sub>2</sub> posee un GWP de 1 independiente del tiempo de permanencia en la atmósfera, mientras que el CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O poseen un GWP de 28 y 265 veces mayor que el del CO<sub>2</sub> respectivamente (EPA, 2021), lo cual implica una mayor contribución al calentamiento global, porque los gases con un GWP mayor absorber más energía por kilogramo, en comparación con los que poseen un bajo GWP (EPA, 2020).

### 3.7. Distribución espacial de emisión de contaminantes

La distribución de las emisiones de tráfico vehicular se lo realizó con base en el enfoque *top-down*, el cual se fundamenta en la realización de un mapa de intensidad de tráfico vehicular, la longitud de sus vías y su ubicación en una malla (Parra, 2004).

#### 3.7.1. Mapa de intensidad de tráfico vehicular.

**Tabla 13-3:** Intensidad del tráfico promedio diario anual-Provincia de Chimborazo. Año 2018.

Vía	TPDA – Vías primarias	TPDA- Vías secundarias
E487	4261,97	639,30
E46	387,08	58,06
E35	3596,65	539,49
E490	5482,76	822,41
E47	572,92	85,93
E492	822,41	123,36

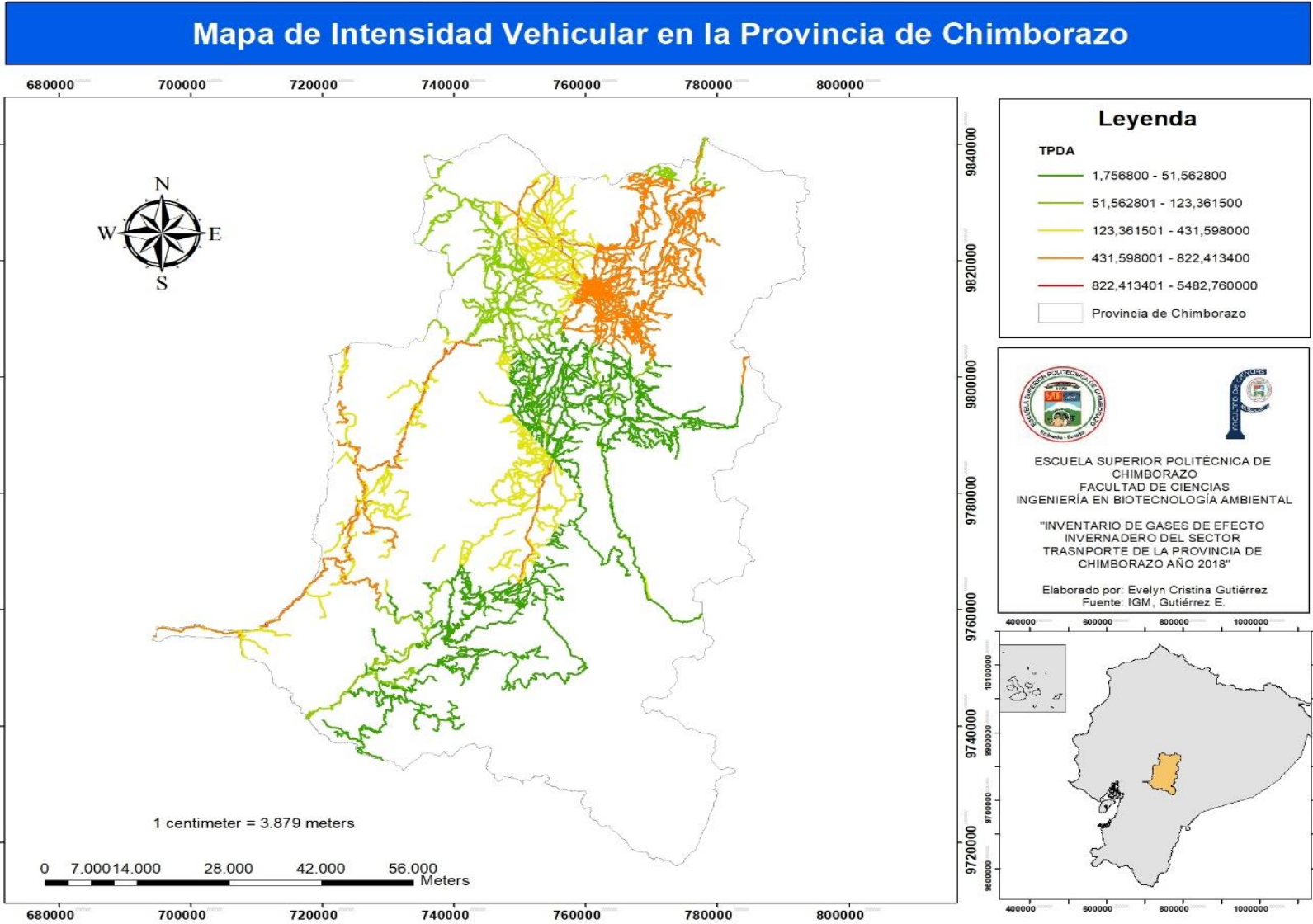
Realizado por: Gutiérrez, Cristina, 2021.

La Tabla 13-3 muestra la intensidad del Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA) para las vías E487, E46, E35, E490, E47 y E492, las cuales son consideradas vías primarias y fueron calculadas a partir de la ecuación 8-2. No obstante, para la determinación TPDA de las vías secundarias o vías que se

encuentran conectadas a las vías principales y que no dispone de datos de tráfico se asignó el 15% del TPDA de la vía principal.

Las vías con mayor actividad o intensidad de tráfico vehicular son la E487 (Vía Colectora La Unión-T del Triunfo), E35 (Troncal de la Sierra) y la E490 (Vía Colectora Riobamba-Penipe-Baños), esto se explica al considerar que dichas vías son de interés comercial y turístico, además de atravesar las principales zonas urbanas del área de estudio (Prefectura de Chimborazo, 2020, p.38). Por otro lado, la vía E46 (Vía Colectora Guamote-Macas), es la vía con menor intensidad vehicular, esto debido al atravesar en una zona semi-rural y de poco interés comercial y turístico.

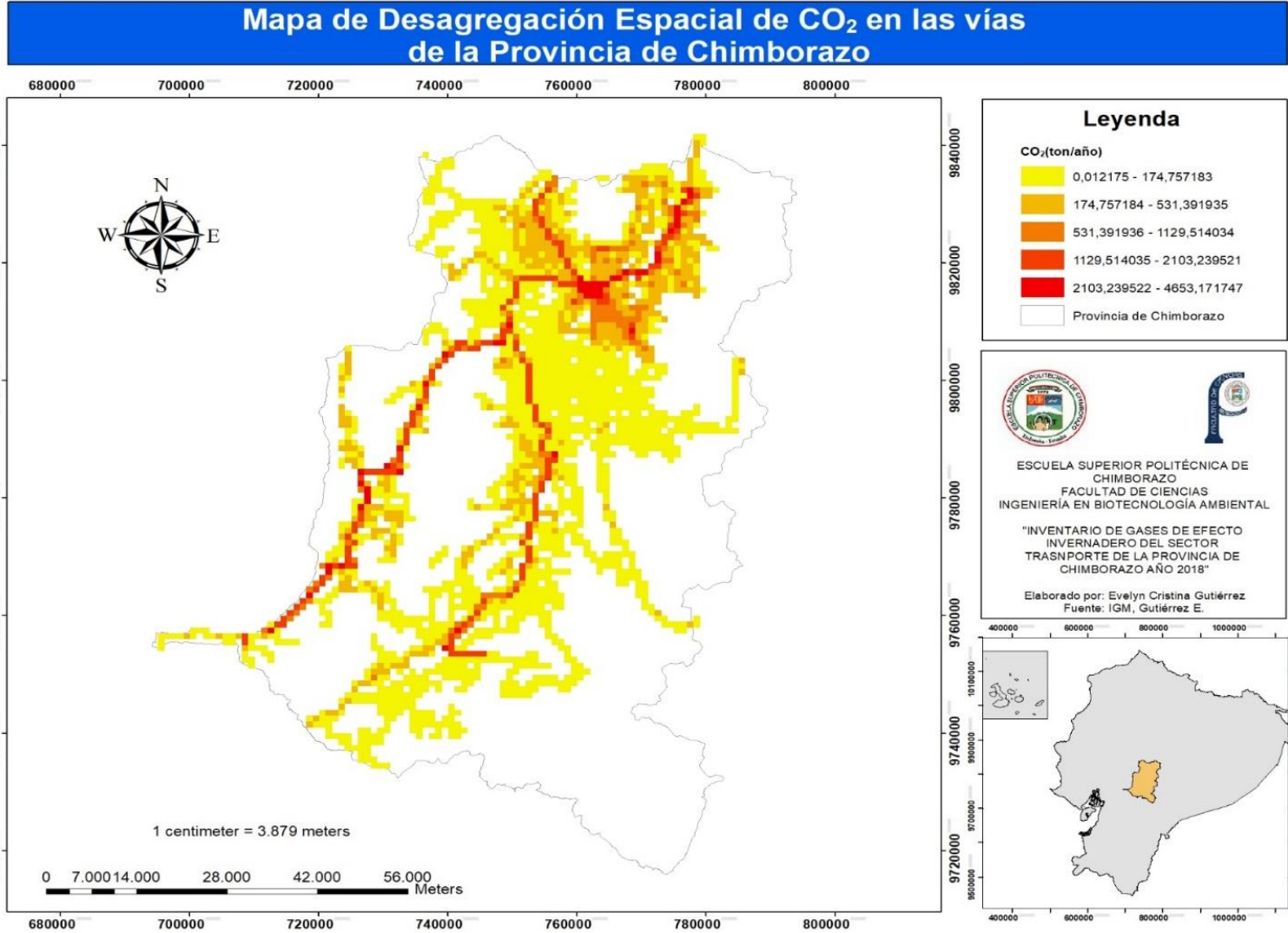
Una vez obtenido la intensidad de tráfico vehicular se procedió a realizar el mapa de intensidad de tráfico vehicular, para lo cual se usó la red vial de la zona de estudio y la longitud de cada segmento de vía. A continuación, se presenta el mapa de intensidad de tráfico vehicular (Figura 1-3), el cual es coherente y representativo de la zona de estudio en cuanto al flujo vehicular en la provincia, posterior los valores totales obtenidos de los gases de efecto invernadero fueron repartidos espacialmente por medio del mapa de tráfico, para lo cual se usó la malla de emisiones de la Figura 2-2, en donde se interseca cada segmento vial con cada celda que compone la malla. Luego, se halló el factor de dispersión con base en el flujo de tráfico en el segmento y la longitud del segmento en la celda. Finalmente, se obtuvo la emisión desagregada del contaminante en el punto, mediante el producto entre el factor de dispersión y las emisiones totales del contaminante.



**Figura 1-3.** Mapa de intensidad de tráfico vehicular de la zona de estudio.

Realizado por: Gutiérrez, Cristina, 2021.

La Figura 1-3 indica el mapa obtenido de la intensidad de tráfico vehicular para el año 2018. Las vías con mayor actividad son la E35 y E487, con un TPDA que varía entre 5482,76 a 822,41. La zona urbana norte de la provincia de Chimborazo correspondiente a los Cantones Riobamba y Penipe seguido del Cantón Pallatanga presentan la mayor actividad de tráfico vehicular que oscila entre los 822, 41 a 431,59. No obstante, la actividad vehicular en cantones como Colta, Alausí y Guamote es considerablemente baja. Cabe mencionar que las vías consideradas secundarias, es decir las vías que se encuentran conectadas a las vías principales poseen un TPDA bajo que oscila entre 123,36 a 1,75, lo cual indica una actividad vehicular parcialmente baja.

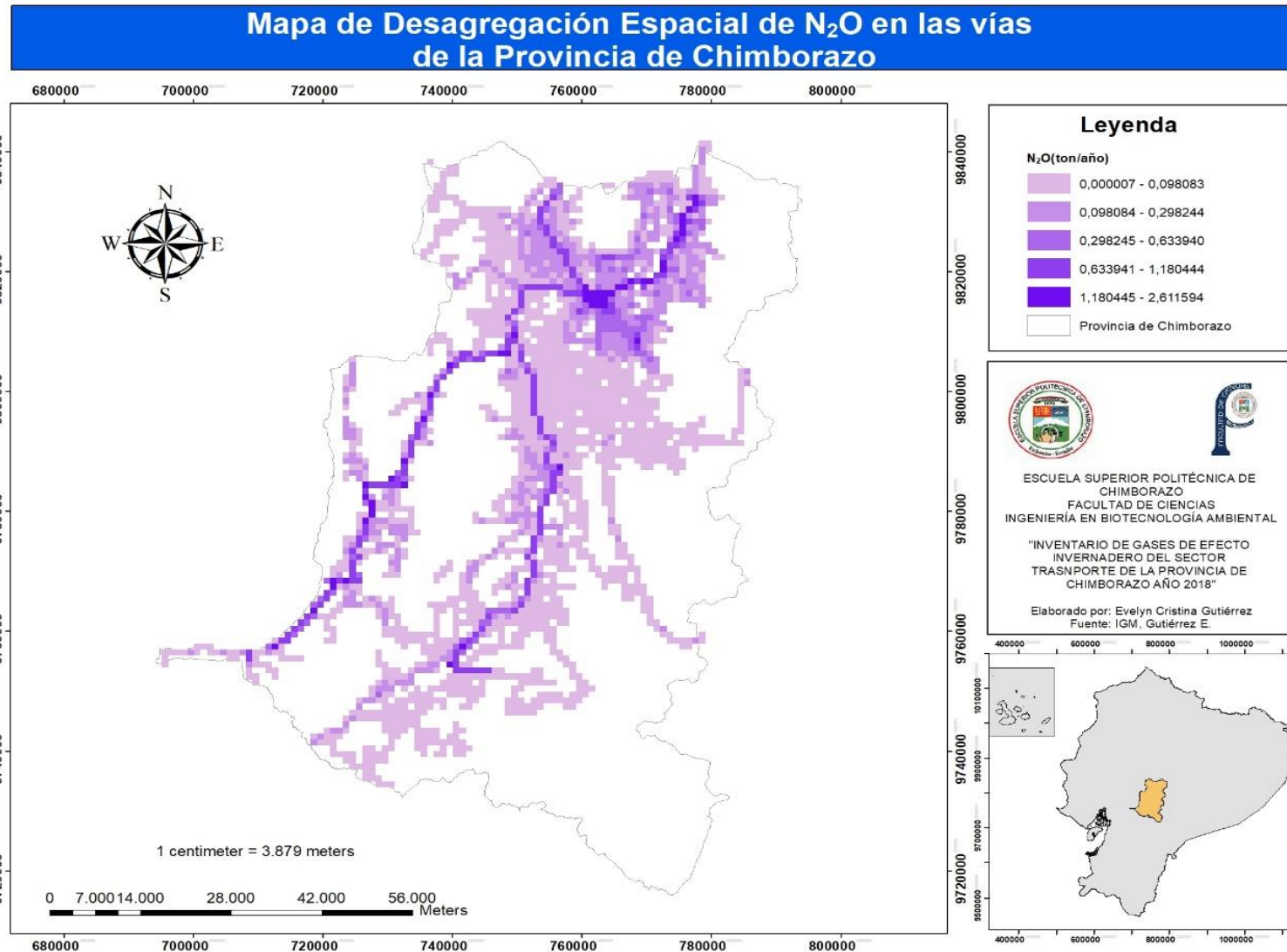


**Figura 2-3.** Emisiones de CO<sub>2</sub> de la zona de estudio proveniente del tráfico vehicular.

Realizado por: Gutiérrez, Cristina, 2021.



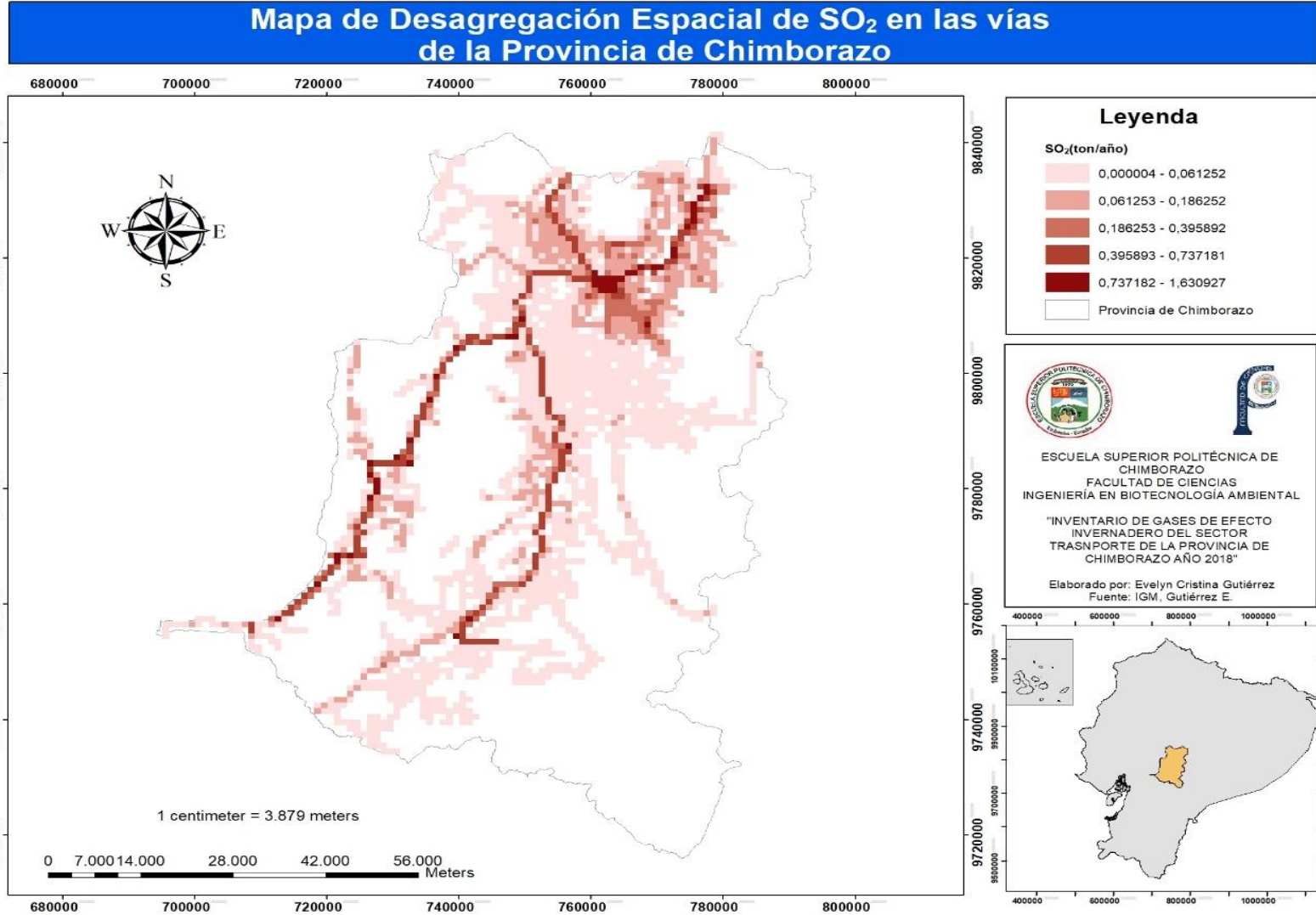
Las Figura 2-3 muestra la desagregación espacial del CO<sub>2</sub> en la zona de estudio, en donde se observa que las vías E35 y E487 representa una alta concentración de emisiones de este gas con valores entre 4653,17 a 2103,23 t/año. Los cantones Riobamba, Penipe y Guano son las zonas en donde se presentan emisiones considerablemente altas que oscilan entre los 2103,23 a 1129,51 t/año. No obstante, la zona oeste de la provincia que corresponde al Cantón Pallatanga también presenta emisiones parcialmente altas en comparación con los cantones antes mencionados, ya que sus valores fluctúan entre los 1129, 51 a 531,39 t/año. En el resto de la provincia las emisiones se distribuyen con menor intensidad, estos valores van desde 174,75 a 0,012 t/año. Esto se explica al considerar que la zona de estudio posee 45 parroquias rurales y tan solo 16 urbanas (Prefectura de Chimborazo, 2020, p.10), lo cual implica una menor intensidad de tráfico en varias zonas.



**Figura 3-3.** Emisiones de N<sub>2</sub>O de la zona de estudio proveniente del tráfico vehicular.

**Realizado por:** Gutiérrez, Cristina, 2021.

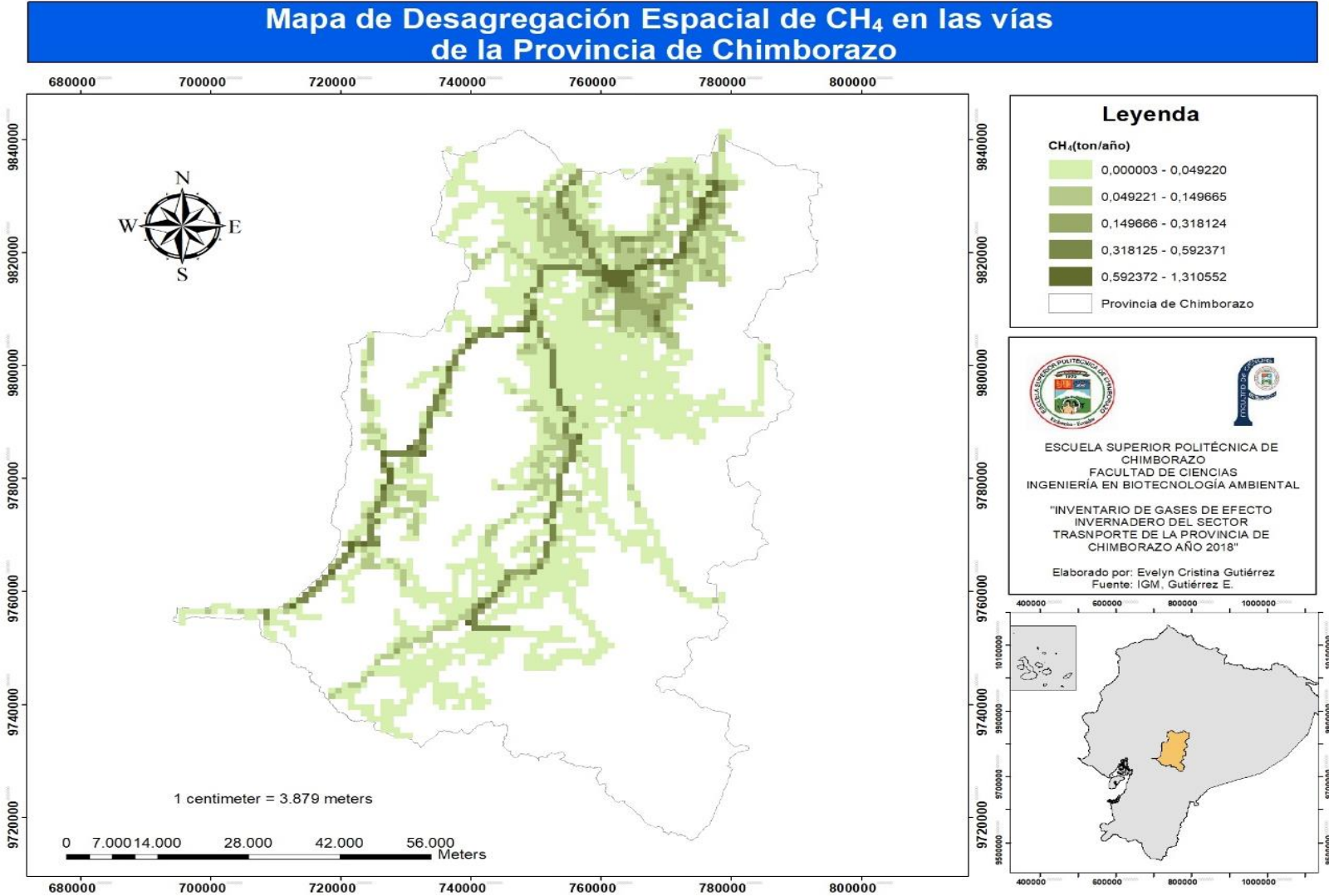
Las Figura 3-3 muestran la desagregación espacial del N<sub>2</sub>O en la zona de estudio, en donde se observa que dicho contaminante se distribuye mayormente en las vías E35 y E487 (2,61 a 1,18 t/año), esto se considera debido a que este gas es emitido mayormente por vehículos pesados o de carga, los cuales son los principales usuarios de la red vial interprovincial. Partes de los cantones de Riobamba, Guano y Penipe, son las zonas donde este contaminante se distribuye mayormente. En lo que corresponde al resto de la provincia el contaminante se distribuye con menor intensidad, ya que su concentración varía 1,18 a  $0,7 \times 10^{-5}$  t/año.



**Figura 4-3.** Emisiones de SO<sub>2</sub> de la zona de estudio proveniente del tráfico vehicular.

Realizado por: Gutiérrez, Cristina, 2021.

Las Figura 4-3 muestra la desagregación espacial de las emisiones de SO<sub>2</sub> en la zona de estudio, en donde se observa que existe una mayor concentración de SO<sub>2</sub> en la zona norte urbana de la provincia que corresponde a los Cantones de Guano, Riobamba y Penipe, en donde las emisiones de este contaminante se encuentran concentradas entre valores 0,73 a 0,18 t/año. Sin embargo, las vías E35, E487 y parte de la vía E49 presentan una alta concentración (1,73 a 0,73 t/año). Las vías secundarias presentan la menor concentración de emisiones de SO<sub>2</sub> que oscilan entre los 0,18 y 0,4x10<sup>-5</sup> t/año. Las zonas con mayor emisión de este GEI es el Cantón Riobamba, esta al ser una zona netamente urbana. Además, se observa que las emisiones en el resto de la provincia se distribuyen en menor grado.



**Figura 5-3.** Emisiones de CH<sub>4</sub> de la zona de estudio provenientes del tráfico vehicular.

Realizado por: Gutiérrez, Cristina, 2021.

Las Figura 5-3 muestra la desagregación espacial del CH<sub>4</sub> en la zona de estudio, en donde se observa que las vías E35 y E487 representa una mayor concentración de emisiones de este gas con valores entre 1,31 a 0,59 t/año. La zona que corresponde al Cantón Riobamba presenta concentraciones entre los 0,59 y 0,31 t/año. Mientras que las vías secundarias presentan la menor cantidad de emisiones de CH<sub>4</sub> que oscilan entre los 0,3 y 0,3x10<sup>-5</sup> t/año. Las zonas con mayor emisión de este gas de efecto invernadero es el Cantón Riobamba, esto se justifica al considerar que esta zona es netamente urbana. Adicionalmente, se observa que las emisiones en el resto de la provincia se distribuyen parcialmente, pero con menor intensidad. Esto se explica al considerar que la zona de estudio está constituida mayormente por rurales, lo cual implica una menor intensidad de tráfico en varias zonas.

### **3.8. Medidas para la reducción de emisiones GEI**

Las siguientes medidas de reducción de emisiones se encuentran encaminadas a la ejecución de políticas, alternativas y acciones que se deben poner en práctica mediante el correcto diseño, ajuste y uso de políticas públicas, para así lograr potenciar la eficiencia energética y sostenible del sector transporte, la cuales deben ser trabajadas conjuntamente con GAD Municipal y Provincial, para así lograr un desarrollo bajo en carbono en el transporte, que ayuden en la reducción de las emisiones mediante la aplicación de medidas de bajo costo y accesibles (Dalkmann, 2007, p.47).

A continuación, en la Tabla 14-3 se plantean medidas de reducción de emisiones, al considerar que el CO<sub>2</sub> es el gas de efecto invernadero mayormente producido en la zona de estudio y que la categoría “automóviles” y “camionetas y furgonetas”, son las responsables de la mayor parte de estas emisiones.

**Tabla 14-3:** Medidas para la reducción de las emisiones de CO<sub>2</sub> en la zona de estudio (1 de 2).

Medida	Descripción	Beneficios Adicionales	Área de aplicación
<b>Implementar la Revisión técnica vehicular (RTV)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La RTV deberá ser un requisito para la matriculación vehicular.</li> <li>• Los vehículos de uso particular se deberán someter a RTV al menos una vez al año, mientras que los vehículos de carga y de prestación de servicios públicos (buses) se deberán someter al menos dos veces al año.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Implementar la revisión técnica vehicular nos permite garantizar el buen estado del parque vehicular.</li> <li>• Obtener información fundamental para la realización de futuros inventarios de gases de efecto invernadero sobre el tráfico vehicular.</li> </ul>	Parque vehicular de la Provincia de Chimborazo
<b>Promover el uso de Vehículo compartido</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mediante la promoción de ordenanzas municipales. Aplicar un plan maestro de movilidad para fomentar en la ciudadanía el uso de vehículo compartido, el cual consiste prácticamente en compartir vehículo con otros ciudadanos quienes tienen el mismo destino, considerando que cada vehículo lleve al menos de 3 a 4 pasajeros.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Disminuye el tráfico vehicular.</li> <li>• Mejora el ordenamiento del tránsito.</li> <li>• Reduce los niveles de ruido generado por los vehículos.</li> </ul>	Principales centros educativos universitarios y empresas públicas y privadas.
<b>Implementar Ciclo vías o Scooter eléctrico</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Implementar ciclo vías o scooter eléctrico para el transporte. Mediante la promoción de ordenanzas municipales que promuevan su uso y salvaguarden los bienes materiales utilizados para este fin.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Obras de bajo presupuesto y rápida ejecución.</li> <li>• Reduce significativa de emisiones de CO<sub>2</sub>.</li> <li>• Reduce los tiempos de viaje.</li> <li>• Disminuye de accidentes automovilísticos.</li> <li>• Mejora el turismo.</li> </ul>	Áreas turísticas y representativas del Cantón Riobamba
<b>Conducción eficiente</b>	<p>Durante la matriculación vehicular entregar a propietario del vehículo folletos o guías sobre la conducción eficiente como, por ejemplo:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Evitar acelerones y frenazos violentos.</li> <li>• No mantener el vehículo en marcha por más de un minuto.</li> <li>• Mantener una velocidad adecuada durante la mayor parte de la trayectoria.</li> <li>• Responsable uso del aire acondicionado</li> <li>• Evitar el exceso de peso innecesario, ya que más de 100 kg produce de peso ocasiona un consumo del 5% más de combustible.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Una conducción eficiente permite ahorrar al menos el 10% en carburante (IDEA,2020).</li> <li>• Aprovecha al máximo los recursos del vehículo.</li> </ul>	Durante la matriculación vehicular de la Provincia de Chimborazo

Realizado por: Gutiérrez, Cristina, 2021.



**Tabla 15-3:** Medidas para la reducción de las emisiones de CO<sub>2</sub> en la zona de estudio (2 de 2).

<b>Medida</b>	<b>Descripción</b>	<b>Beneficios Adicionales</b>	<b>Área de aplicación</b>
<b>Cobro por externalidades</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mediante políticas públicas implementar tarifas por congestión y promover zona libres de automóviles</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Evitar viajes motorizados innecesarios.</li> </ul>	<p>Parque vehicular de la Provincia de Chimborazo</p> <p>Principales zonas vehiculares de los Cantones Riobamba, Penipe y Guano</p>
<b>Implementar transporte sostenible</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Implementar sistemas de transporte inteligente (gestión en tiempo real de información sobre tráfico).</li> <li>Gestión de transporte activo (infraestructura para peatones y ciclistas).</li> <li>Esquemas para el mantenimiento de flotas y el manejo ecológico (utilización de aplicaciones que permitan trazar rutas más eficientes y directas y que permitan eludir atascos)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mejorar la eficiencia de la actividad de viaje restante</li> </ul>	<p>Parque vehicular de la Provincia de Chimborazo</p> <p>Principales cooperativas de transporte y flotas</p>
<b>Entregar de sellos informativos.</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Entregar sellos informativos sobre cómo las emisiones de CO<sub>2</sub> y otros gases producto de la combustión afectan el ambiente y a la salud pública.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Genera conciencia en la ciudadanía.</li> </ul>	<p>Durante la matriculación vehicular de la Provincia de Chimborazo</p>
<b>Instaurar medidas de restricción vehicular específicas para automóviles y camionetas.</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Aplicar la restricción de no poder circular un día a la semana, esto dependiendo del número de placa.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Reduce el tráfico. Vehicular.</li> <li>Reduce el embotellamiento.</li> </ul>	<p>Cantones de Riobamba, Guano y Penipe</p>

Realizado por: Gutiérrez, Cristina, 2021.

En la Tabla 14-3 se presentan las medidas para la reducción de las emisiones de CO<sub>2</sub> en la zona de estudio, en donde implementar la Revisión técnica vehicular (RTV), promover el uso de vehículo compartido, implementar ciclo vías o scooter eléctrico, conducción eficiente, cobro por externalidades y entrega de sellos informativos pretenden ser medidas que ayuden o aporten para que el transporte en la zona de estudio sea más eficiente y sostenible y por ende lograr reducir las

emisiones de CO<sub>2</sub>. El área de aplicación de estas medidas será específicamente al parque vehicular de la provincia, lugares representativos y turísticos, principales centros educativos y empresas públicas y durante la matriculación vehicular según sea el caso. No obstante, para los “automóviles” y “camionetas y furgonetas”, quienes son las categorías que aportan mayormente en las emisiones de CO<sub>2</sub>, se plantea instaurar medidas de restricción vehicular en cantones como Riobamba, Guano y Penipe, las cuales son zonas netamente urbanas y con alta afluencia vehicular.

Al considerar que las categorías “pesados” y “buses”, contribuyen mayormente a las emisiones de N<sub>2</sub>O, se plantea las medidas de la Tabla 15-3 para su reducción.

**Tabla 16-3.** Medidas para la reducción de las emisiones de N<sub>2</sub>O en la zona de estudio.

<b>Medida</b>	<b>Descripción</b>	<b>Beneficios adicionales</b>	<b>Área de aplicación</b>
<b>Reemplazar las unidades de buses.</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mediante la implementación de políticas e inversiones adecuadas el gobierno municipal y provincial conjuntamente con las cooperativas de transporte promover un sistema de transporte menos contaminante mediante el reemplazo de las unidades de buses que tenga una antigüedad mayor a los 10 años por buses eléctricos, siempre y cuando este preste servicio público colectivo de pasajeros.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mejora la calidad del servicio.</li> <li>Reducción significativa de emisiones.</li> <li>Mejora la calidad del aire.</li> </ul>	Principales cooperativas de transporte interprovincial de la Provincia de Chimborazo
<b>Instaurar medidas de restricción vehicular específicas para pesados y buses</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Aplicar la restricción de no poder circular un día la semana, a aquellos buses que tenga más de 10 años de antigüedad.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Reduce el embotellamiento vehicular.</li> </ul>	Principales cooperativas de transporte y flotas
<b>Promover la entrega de incentivo.</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mediante la implementación de políticas desarrollar y financiar programas de incentivos para aquellos ciudadanos o empresas que cumplan medidas destinadas para la reducción de emisiones contaminantes.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mejora la calidad el aire.</li> </ul>	Parque vehicular de la Provincia de Chimborazo
<b>Mantenimiento vehicular</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Es la clave para la reducción de emisiones, por lo cual se debe realizar el manteamiento y limpieza vehicular al menos una vez cada 6 meses, teniendo en cuenta presión de los neumáticos, baterías, sistema de encendido, tubo de escape, entre otros.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Reduce gastos futuros.</li> <li>Mejora la eficiencia del vehículo.</li> </ul>	Parque vehicular de la Provincia de Chimborazo

Realizado por: Gutiérrez, Cristina, 2021.

En la Tabla 15-3 se observa las medidas para la reducción de las emisiones de N<sub>2</sub>O en la zona de estudio, en donde reemplazar las unidades de buses, promover la entrega de incentivos y el mantenimiento vehicular pretenden ser medidas que ayuden en la reducción de emisiones de N<sub>2</sub>O. Las cuáles serán aplicadas en el parque vehicular, principales cooperativas de transporte y cantones como Riobamba, Guano y Penipe según sea el caso. No obstante, los vehículos “pesados” y “buses”, son las categorías que aportan mayormente con las emisiones de N<sub>2</sub>O, se plantea instaurar medidas de restricción vehicular específicamente para los vehículos pertenecientes a cooperativas de transporte y flotas interprovinciales.

## CONCLUSIONES

- El inventario de Gases de Efecto Invernadero del Sector transporte de la Provincia de Chimborazo para el año 2018 fue desarrollado mediante la utilización de información oficial, es así que para la determinación de la composición del parque vehicular que circuló en la Provincia de Chimborazo durante el año 2018 se utilizó datos sobre el consumo de combustible, de la misma forma para la determinación de las emisiones de dióxido de carbono, se determinó el recorrido anual promedio para así obtener el KVR. También, para la obtención del factor de emisión del CO<sub>2</sub> se determinó el rendimiento de cada categoría y se usó datos sobre el contenido de carbono en el combustible, poderes caloríficos de los combustibles y densidades de los combustibles. Por otro lado, para la determinación de emisiones de CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O, se utilizó factores de emisión propuestos por la IPCC y propios de nuestro país respectivamente y datos sobre el consumo de combustible. Por último, para la determinación de emisiones de SO<sub>2</sub> se empleó datos sobre el contenido de azufre del tipo de combustible, densidad del tipo de combustibles y el volumen del tipo de combustible, sea gasolina o diésel.
- Se estableció la cantidad de gases de efecto invernadero emitidos por el sector transporte en la zona de estudio, en donde se obtuvo que el gas de efecto invernadero mayormente emitido es el dióxido de carbono con 709505,13 t/año, seguido del óxido nitroso con 398,21 t/año, el dióxido de azufre con 248,68 t/año y como último el metano con 199,83 t/año.
- Los vehículos a gasolina son los que aportan mayores emisiones de gases de efecto invernadero en la zona de estudio: CO<sub>2</sub> (54,23%), SO<sub>2</sub> (56,23%) y CH<sub>4</sub> (91,65%), mientras que el principal responsable de las emisiones de N<sub>2</sub>O (80,55%) son los vehículos a diésel.
- La categoría de “automóviles” y “camionetas y furgonetas” es la que más aporta a las emisiones de CO<sub>2</sub> (47,86%), SO<sub>2</sub> (49,34%) y CH<sub>4</sub> (69,39%), mientras que la categoría “pesados” son los que producen mayores emisiones de N<sub>2</sub>O (46,05%), seguida de la categoría buses (31,63%).
- Se identificó las principales zonas en las que existen mayores emisiones de gases de efecto invernadero, de acuerdo con el mapa de intensidad de tráfico vehicular para el año 2018 la mayor actividad vehicular corresponde a los cantones de Riobamba y Penipe, seguido de Pallatanga, mientras que los cantones de Colta, Alausí y Guamote es considerablemente baja.
- De acuerdo con los mapas de desagregación espacial se concuerda que las zonas con mayores emisiones de gases de efecto invernadero son los cantones de Riobamba, Guano y Penipe, esto se justifica al considerar que estas zonas son urbanas. También se observa que las zonas por donde atraviesan vías principales como la E35 y E487 presentan niveles altos de emisiones, esto es debido a su relación con la intensidad de tráfico.

- Se propuso medidas que se puede adoptar para la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero en el sector transporte, considerando que el CO<sub>2</sub> es el gas de efecto invernadero mayormente producido en la zona de estudio y que la categoría “automóviles” y “camionetas y furgonetas”, son las responsables de la mayor parte de emisiones. De la misma forma las categorías “pesados” y “buses”, contribuyen mayormente a las emisiones de N<sub>2</sub>O, por lo cual se plantean las medidas que se encuentran en las tablas 14-3 y 15-3.

## RECOMENDACIONES

- Considerando que este es el primer inventario de gases de efecto invernadero a nivel provincial del sector transporte de Chimborazo, se ve la necesidad que el mismo se complemente con otras fuentes de emisión, tales como emisiones de la vegetación, de generadores eléctricos e industriales. De igual forma, validar la información obtenida en el inventario mediante simulaciones de calidad del aire con el uso de modelos de transporte químico.
- Debe señalarse que en la provincia de Chimborazo es evidente la falta de información con respecto al sector transporte, se ve conveniente la implementación de la Revisión Técnica Vehicular, la cual no brinde información que nos permita reducir el nivel de incertidumbre.
- El sector transporte a nivel nacional y en la provincia de Chimborazo, es el sector que aporta mayormente a las emisiones contaminantes, por lo cual es conveniente promover la determinación de factores de emisiones locales para un mayor número de categorías vehiculares.
- De manera general o para todo el Ecuador es necesario el desarrollo de investigaciones que permitan identificar el rendimiento promedio de las distintas categorías vehiculares.
- A razón de que la información sobre el tráfico promedio diario anual es escasa en a la zona de estudio, es útil promover campañas de recolección de este tipo de datos. De la misma forma, para la realización de mapas de intensidad de tráfico vehicular es conveniente promover la actualización permanente de mapas de vías a nivel provincial y nacional.
- Es conveniente impulsar políticas municipales que promuevan un transporte sostenible y de bajo costo, que beneficie a la mayor parte del sector transporte y que no afecte a otros sectores mediante la implementación de tecnologías que sean accesibles y atractivas para la población.

## **BIBLIOGRAFÍA**

**AGENCIA EUROPEA DE MEDIO AMBIENTE (AEMA).** Transporte y ambiente: camino hacia una nueva política común de transporte. TERM 2006: indicators tracking transported and environment in the European Union. [en línea]. Estados Unidos: 2007 [Consulta: 25 de junio 2021]. Disponible en [http://reports.eea.europa.eu/eea\\_report\\_2007\\_1/en/eea\\_report\\_1\\_2007.pdf](http://reports.eea.europa.eu/eea_report_2007_1/en/eea_report_1_2007.pdf)

**AGENCIA INTERNACIONAL DE LA ENERGÍA (IEA).** Emisiones de CO<sub>2</sub> por combustión de gasolina. Aspectos destacados Paris. 2016, pp. 7.

**AGENCIA DE PROTECCIÓN AMBIENTAL DE ESTADOS UNIDOS (EPA).** Descripción general de los gases de efecto invernadero. La energía y el medio ambiente. [en línea]. Estados Unidos: 2020 [Consulta: 25 de junio 2021]. Disponible en: <https://espanol.epa.gov/la-energia-y-el-medioambiente/descripcion-general-de-los-gases-de-efecto-invernadero>

**AGENCIA DE PROTECCIÓN AMBIENTAL DE ESTADOS UNIDOS (EPA).** Compresión de los potenciales de calentamiento global. Emisiones de gases de efecto invernadero. [en línea]. Estados Unidos: 2021 [Consulta: 25 de junio 2021]. Disponible en: <https://www.epa.gov/ghgemissions/understanding-global-warming-potentials>

**AGENCIA DE PROTECCIÓN AMBIENTAL DE ESTADOS UNIDOS (EPA).** Emisiones de Dióxido de carbono. La energía y el medio ambiente. [en línea]. Estados Unidos: 2021 [Consulta: 1 de junio 2021]. Disponible en: <https://espanol.epa.gov/la-energia-y-el-medioambiente/emisiones-de-dioxido-de-carbono>

**ASOCIACIÓN DE EMPRESAS AUTOMOTRICES DEL ECUADOR (AEADE).** Venta de vehículos por modelo más vendido 2013 – 2019, pp.19. Reporte de la base de datos.

**ASOCIACIÓN DE LA INDUSTRIA HIDROCARBURIFERA DEL ECUADOR (AIHE).** El petróleo en cifras 2018. [en línea], 2019, (Ecuador). [Consulta: 27 de febrero 2021]. Disponible en: <https://www.aihe.org.ec/wp-content/uploads/2021/02/CIFRAS-PGE-Marzo-2019.pdf>

**BANCO INTERAMERICA DE DESARROLLO (BID).** Estrategias de Mitigación y Métodos para la Estimación de las Emisiones de Gases de Efecto Invernadero en el Sector Transporte. [en línea]. Junio 2013, pp.12. [Consulta 3 de agosto de 2021]. Disponible en: <https://publications.iadb.org/publications/spanish/document/Estrategias-de-mitigaci%C3%B3n-y-m%C3%A9todos-para-la-estimaci%C3%B3n-de-las-emisiones-de-gases-de-efecto-invernadero-en-el-transporte.pdf>

**BACA, J.** *Inventario de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero. Sector energía. Año 2011.* [en línea]. Distrito Metropolitano de Quito. Secretaria del Ambiente. Quito-Ecuador: 2014, pp.53. [Consulta: 27 de julio 2020]. Disponible en: <http://www.quitoambiente.gob.ec/ambiente/index.php/biblioteca-digital/category/69-proyectos?download=503:inventario-gei-dmq-2011-energia>

**BARBERO, José A., RODRÍGUEZ TORNQUIST, Rodrigo.** Transporte y cambio climático: hacia un desarrollo sostenible y de bajo carbono. Revista Transporte y Territorio [en línea]. 2012, (6), pp.8-26. [Consulta 15 de agosto de 2021]. ISSN: Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=3330273>

**BARGOSA ROJAS, Diana Katherine; & BETANCUR RAMIREZ, Daniel.** Medición del consumo de combustible en un bus articulado de la empresa integra S.S. Operadora del Sistema Integrado de Transporte “Megabus”. [Trabajo de titulación]. Universidad Tecnológica de Pereira. Facultad de Ingeniería Mecánica. Programa de Ingeniería Mecánica. Pereira-Colombia. 2016, pp.40.

**BENAVIDES BALLESTEROS, Henry Oswaldo & LEÓN ARISTIZABAL, Gloria Esperanza.** Información técnica sobre Gases de Efecto Invernadero y el Cambio climático. [en línea], 2007, pp.37-49. [Consulta: 15 de febrero 2021]. Disponible en: <http://www.ideam.gov.co/documents/21021/21138/Gases+de+Efecto+Invernadero+y+el+Cambio+Climatico.pdf>

**BUSTAMANTE, D.** Escenario de cambio climático a nivel de subcuencas hidrográficas para el año 2050 de la provincia de Chimborazo-Ecuador. *La Granja* [en línea], 2017, (Ecuador) volumen (26), pp.16. [Consulta: 15 de febrero 2021]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/jatsRepo/4760/476052525002/html/index.html>



**BLUMBERG O, Katherine., WALSH P, Michael & PERA, Charlotte.** Gasolina y diésel de bajo Azufre. La calve para disminuir las emisiones vehiculares. [en línea], Madrid –España: 2003, pp.58-66. [Consulta: 3 de febrero 2021]. Disponible en: [https://theicct.org/sites/default/files/Bajo\\_Azufre\\_ICCT\\_2003.pdf](https://theicct.org/sites/default/files/Bajo_Azufre_ICCT_2003.pdf)

**CASTILLO, Fernanda., GONZALES, Jorge., IBARRA, Karla., TARANGA, Keila Vázquez, Víctor.** El impacto de la gasolina en el medio ambiente. Chihuahua: Colegio de bachilleres del estado de Chihuahua. México: 2017, pp. 51.

**CEPSA, Dossier.** El cambio climático y los gases de efecto invernadero. [en línea], 2015, pp.3. [Consulta: 15 de agosto 2020]. Disponible en: [https://www.cepsa.com/stfls/CepSACom/Coorp\\_Comp/Medio%20Ambiente\\_Seguridad\\_Calidad/Art%20C3%ADculos/Dossier-Cambio-Climatico-y-GEI.pdf](https://www.cepsa.com/stfls/CepSACom/Coorp_Comp/Medio%20Ambiente_Seguridad_Calidad/Art%20C3%ADculos/Dossier-Cambio-Climatico-y-GEI.pdf)

**CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL (CIAT), CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL VALLE DE LA CAUSA (CVC) & DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO DE GESTIÓN DEL MEDIO AMBIENTE (DAGMA).** *Inventario de Gases de Efecto Invernadero y Contaminantes Criterio para Santiago de Cali.* [en línea], 2015, pp.7. [Consulta: 15 de agosto 2020]. Disponible en: [http://ciat-library.ciat.cgiar.org/Articulos\\_Ciat/biblioteca/INVENTARIO\\_DE\\_GASES\\_DE\\_EFECTO\\_INVERNADERO\\_Y\\_CONTAMINANTES\\_CRITERIO\\_PARA\\_SANTIAGO\\_DE\\_CALI\\_v2.pdf](http://ciat-library.ciat.cgiar.org/Articulos_Ciat/biblioteca/INVENTARIO_DE_GASES_DE_EFECTO_INVERNADERO_Y_CONTAMINANTES_CRITERIO_PARA_SANTIAGO_DE_CALI_v2.pdf)

**CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y CONTROL AMBIENTAL (CICAM).** Tipo de fuentes emisoras. 2016 [Consulta: 1 de julio 2020]. Disponible en: <https://cicam.epn.edu.ec/servicios/emisiones-en-fuentes-fijas>

**CINQUANTINI, Miguel., BERTOLINO Ricardo., AYALA, Emanuel & AMANQUEZ, Carlos.** *Modelo de Inventario de Gases de Efecto Invernadero para Ciudades y Gobiernos Locales.* [en línea]. Red Argentina de Municipios frente al Cambio Climático: 2016, pp.5-8. [Consulta: 27 de julio 2020]. Disponible en: <https://library.fes.de/pdf-files/bueros/argentinen/12675.pdf>

**CORPORACIÓN MUNICIPAL PARA EL MEJORAMIENTO DEL AIRE DE QUITO (CORPAIRE).** Inventario de emisiones del Distrito Metropolitano de Quito. Año 2017. Quito. 2009.

**COMISIÓN ECONÓMICA PARA AMÉRICA LATIRÁN Y EL CARIBE (CEPAL).** Estudio de los Inventarios de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero en Latinoamérica. [en línea], 2012, pp.3. [Consulta: 15 de febrero 2021]. Disponible en: [https://www.cepal.org/sites/default/files/courses/files/sebastian\\_vicuna.pdf](https://www.cepal.org/sites/default/files/courses/files/sebastian_vicuna.pdf)

**COMISIÓN ECONÓMICA PARA AMÉRICA LATIRÁN Y EL CARIBE (CEPAL).** La economía del cambio climático en América Latina y el Caribe. Paradojas y desafío del desarrollo sostenible. [en línea], 2015, pp.18. [Consulta: 15 de febrero 2021]. Disponible en: [https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/37310/S1420656\\_es.pdf](https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/37310/S1420656_es.pdf)

**CONSUEGRO PACHECO, Salomó.** Modulo motores diésel. [en línea]. Quito-Ecuador: 2020, pp.11-12. [Consulta: 01 de febrero 2021]. Disponible en: <http://www.itsa.edu.co/docs/17-S-Consuegra-Modulo-Motores-Diesel.pdf>

**COMISIÓN TÉCNICA DE DETERMINACIÓN DE FACTORES DE EMISIÓN DE GASES DE EFECTO INVERNADERO (CTFE).** Factores de emisión de CO<sub>2</sub> del Sistema Nacional Interconectado de Ecuador Informe 2019. [en línea]. Ecuador: 2020 [Consulta: 01 de febrero 2021]. Disponible en: [https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2020/11/factor\\_de\\_emision\\_de\\_co2\\_del\\_sistema\\_nacional\\_interconectado\\_de\\_ecuador\\_-\\_informe\\_2019.pdf](https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2020/11/factor_de_emision_de_co2_del_sistema_nacional_interconectado_de_ecuador_-_informe_2019.pdf)

**CLIMA DATA.ORG.** *Clima Riobamba-Ecuador.* [en línea]. Quito-Ecuador: 2020 [Consulta: 20 de febrero 2021]. Disponible en: <https://es.climate-data.org/america-del-sur/ecuador/provincia-del-chimborazo/riobamba-2973/#temperature-graph>

**DALKMANN, Holger.** Transporte y cambio climático. Módulo 5e: Transporte sustentable. 2007, pp.47. [Consulta: 15 de febrero 2021]. Disponible en: <http://www.Cleanaimet.org/caiasia/1412/article-7219678.html>

**EP PETROECUADOR.** *Plan Operativo año 2018.* Quito-Ecuador: 2018.

**GAITÁN VARÓN, Mauricio & CÁRDENAS RUIZ, Paula Andrea.** Guía para la elaboración de inventarios de emisiones atmosféricas [en línea]. Bogotá, D.C.: 2017, pp.31-34. Colombia. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. [Consulta: 1 de agosto 2020]. Disponible en:

[https://www.minambiente.gov.co/images/AsuntosambientalesySectorialyUrbana/GU%C3%8DA\\_PARA\\_LA\\_ELABORACION\\_DE\\_INVENTARIOS\\_DE\\_EMISIONES\\_ATMOSFERICAS.pdf](https://www.minambiente.gov.co/images/AsuntosambientalesySectorialyUrbana/GU%C3%8DA_PARA_LA_ELABORACION_DE_INVENTARIOS_DE_EMISIONES_ATMOSFERICAS.pdf)

**GÓNGORA PÉREZ, Juan Pablo.** Indicador Kilómetros - Vehículo recorridos (KVR). Metodología de cálculo en diferentes países. [en línea]. México: 2012, pp.24. [Consulta: 25 de marzo 2021]. Disponible en: <http://mexico.itdp.org/wp-content/uploads/MedicionKVR.pdf>

**INSTITUTO GEOGRÁFICO MILITAR (IGM).** Documento cartográfico de Libre acceso-Ecuador. Quito- Ecuador: 2019 [Consulta: 18 de febrero 2021]. Disponible en: <http://www.geoportaligm.gob.ec/portal/>

**INSTITUTO NACIONAL DE PATRIMONIO CULTURAL (INPC).** *Guía de Bienes Culturales en el Ecuador.* [en línea]. Quito-Ecuador: 2010, pp.31. [Consulta: 27 de Julio 2020]. Disponible en: <https://downloads.arqueo-ecuatoriana.ec/ayhpwxgv/noticias/publicaciones/INPC-X-GuiaChimborazo.pdf>

**INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA Y CENSOS (INEC).** *Ecuador. Estadísticas de transporte 2018.* [en línea]. Quito-Ecuador: 2020 [Consulta: 14 de febrero 2021]. Disponible en: [https://anda.inec.gob.ec/anda/index.php/catalog/786/related\\_materials](https://anda.inec.gob.ec/anda/index.php/catalog/786/related_materials)

**INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA Y CENSOS (INEC).** *El parque automotor de Ecuador.* [en línea]. Quito-Ecuador: 2019 [Consulta: 24 de agosto del 2020]. Disponible en: [https://anda.inec.gob.ec/anda/index.php/catalog/786/related\\_materials](https://anda.inec.gob.ec/anda/index.php/catalog/786/related_materials)

**INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA Y CENSOS (INEC).** *Proyección por edades Provincias 210-2020 y nacional.* [en línea]. Quito-Ecuador: 2021 [Consulta: 10 de enero 2021]. Disponible en: <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/proyecciones-poblacionales/>

**INIESTA GÓMEZ, Rodolfo.** *Guía Metodología para la estimación de emisiones vehiculares en ciudades mexicanas.* [en línea]. Primera Edición. México: 2009, pp.26. [Consulta: 06 de junio 2021]. Disponible en: [https://books.google.com.ec/books?id=8B9IdJhkvjoC&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs\\_ge\\_summary\\_r&cad=0#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com.ec/books?id=8B9IdJhkvjoC&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false)

**MARTÍNEZ SALGADO, Hilda.** El desafío del sector transporte en el contexto del cumplimiento de las contribuciones determinadas a nivel nacional de América Latina. Estudios de Cambio climático en América Latina [en línea]. 2018, pp.10. [Consulta: 14 de agosto 2020]. Disponible en: [https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/44344/1/S1800399\\_es.pdf](https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/44344/1/S1800399_es.pdf)

**MINISTERIO DE TURISMO.** Boletín de Estadísticas Turísticas. 2013-2017. [en línea]. Ecuador: Quito. 2019, pp.36. [Consulta: 14 de agosto 2020]. Disponible en: [https://servicios.turismo.gob.ec/descargas/Turismo-cifras/AnuarioEstadistico/Boletin-Estadisticas-Turisticas-2013-2017\\_OK\\_010525020.pdf](https://servicios.turismo.gob.ec/descargas/Turismo-cifras/AnuarioEstadistico/Boletin-Estadisticas-Turisticas-2013-2017_OK_010525020.pdf)

**MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE DE CHILE (MAC).** Guía de Calidad del Aire y Educación Ambiental. [en línea]. Chile: 2016, pp.10-22. [Consulta: 14 de agosto 2020]. Disponible en: <https://mma.gob.cl/wp-content/uploads/2018/08/Guia-para-Docentes-Sobre-Calidad-del-Aire-003.pdf>

**MINISTERIO DEL AMBIENTE DEL ECUADOR.** Inventario Preliminar de las Emisiones de Contaminantes del Aire, de los cantones Ambato, Riobamba, Santo Domingo de los Colorados, Latacunga, Ibarra, manta, Portoviejo, Esmeraldas y Milagro. Proyecto Calidad del Aire III. Quito-Ecuador: 2014, pp.98-104.

**MINISTERIO DEL AMBIENTE DEL ECUADOR.** Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero del Ecuador. Serie Temporal 1994-2012. Quito, Ecuador. 2016, pp.24-28.

**MINISTERIO PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA Y EL RETO DEMOGRÁFICO (MITECO).** Guía para el cálculo de la huella de carbono y para la elaboración de un plan de mejora de una organización. [en línea]. Madrid - España 2019, pp.3-4. [Consulta: 14 de agosto 2020]. Disponible en: [https://www.miteco.gob.es/es/cambio-climatico/temas/mitigacion-politicas-y-medidas/guia\\_huella\\_carbono\\_tcm30-479093.pdf](https://www.miteco.gob.es/es/cambio-climatico/temas/mitigacion-politicas-y-medidas/guia_huella_carbono_tcm30-479093.pdf)

**MINISTERIO DE TRANSPORTE Y OBRAS PÚBLICAS.** (2012). Estudios Construcción Cahuají – Pillate - Cotaló. Prov. Chimborazo y Tungurahua.

**MONTERO SANZ, Ignacio.** El gas natural vehicular frente a los combustibles tradicionales: comparativa de emisiones de gases de Efecto Invernadero de su ciclo de vida en España. Congreso

Nacional del Medio Ambiente (CONAME). Grupo Gas Natural-Unión Fenosa. [en línea]. 2014, pp.78. [Consulta: 07 de julio 2021]. Disponible en: <http://www.conama2014.conama.org/conama2014/download/files/conama2014/CT%2502014/1896711612.pdf>

**NASA.** *Cambio climático global.* [en línea]. Estados Unidos: 2021 [Consulta: 30 de enero 2021]. Disponible en: <https://climate.nasa.gov/evidence/>

**NEIRA ALTAMIRANO, Luis Fernando.** *El Impuesto Verde y la Reducción del Parque Automotor en la Provincia de Chimborazo, durante el periodo 2016.* [Trabajo de titulación]. Universidad Nacional de Chimborazo. Facultad de Ciencias Políticas y Administrativas. [en línea]. Riobamba-Ecuador. 2017, pp.56. [Consulta: 20 de julio 2021]. Disponible en: <http://dspace.unach.edu.ec/bitstream/515000/4410/1/UNACH-EC-FCP-CPA-2017-0070.pdf>

**NTZIACHRISTOS, L & SAMARAS, Z.** Emisiones atmosféricas del tubo de escape del transporte por carretera. EMEP/EEA Guía de Inventario de Emisiones. 2013, pp.19.

**NOGUERA., K.** Aplicación del doble tratamiento bituminoso en la rehabilitación y mejoramiento de la vía rural La Palizada -El Carrizal de 3km, en el cantón Tulcán, provincia del Carchi. [en línea]. Quito-Ecuador: 2019 [Consulta: 14 de febrero 2021]. Disponible en: <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/201855/1/T-UCE-0011-ICF-197.pdf>

**LIMÓN TAMÉS,** Dolores. Seguridad y Salud en el trabajo. *Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo.* [En línea]. N° 73, Julio 2013. [Consulta: 27 enero 2021.]. Disponible en: [https://www.insst.es/documents/94886/175731/N%C3%BAmero+73+\(versi%C3%B3n+pdf\)](https://www.insst.es/documents/94886/175731/N%C3%BAmero+73+(versi%C3%B3n+pdf))

**PARRA, R.; & VEGA, D.** “Caracterización de la intensidad media diaria y de los perfiles horarios del tráfico vehicular del Distrito Metropolitano de Quito”. *Avances en Ciencias e Ingenierías.* [En línea]. Volumen6, 2014, (Ecuador), pp. C40-C45. [Consulta: 27 julio 2021.]. Disponible en: <https://revistas.usfq.edu.ec/index.php/avances/article/download/186/188/>

**PARRA, Rene.** Desarrollo del modelo EMICAT2000 para estimación de emisiones de contaminantes del aire en Cataluña y su uso en modelos de dispersión fotoquímica. [PhD tesis.]. Universidad Politécnica de Cataluña. Barcelona. 2004.

**PALERMO ZEBALLOS, Facundo Matías.** Procesamiento de parámetros físicos e inventario de emisiones atmosféricas antropogénicas en la cuenca hidrológica del río Napo (Trabajo de titulación). Universidad San Francisco de Quito. Colegio de Ciencias e Ingeniería. Quito-Ecuador. 2014. pp.105-113.

**PANEL INTERGUBERNAMENTAL SOBRE EL CAMBIO CLIMÁTICO (IPCC).** *Informe de síntesis. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático.* Ginebra, Suiza, 2014, pp. 157.

**PANEL INTERGUBERNAMENTAL SOBRE EL CAMBIO CLIMÁTICO (IPCC).** *Aporte al Grupo de Trabajo I del Informe de la Cuarta Evaluación del Panel Intergubernamental del Cambio Climático.* Cambridge University Press. Cambridge, Reino Unido, 2007, pp. 996.

**PANEL INTERGUBERNAMENTAL SOBRE EL CAMBIO CLIMÁTICO (IPCC).** *Directrices del IPCC para los inventarios de gases de efecto invernadero.* (1996) versión revisada 1996.

**PANEL INTERGUBERNAMENTAL SOBRE EL CAMBIO CLIMÁTICO (IPCC).** *Directrices para la elaboración de Inventarios de Gases de Efecto Invernadero.* New York: Cambridge University Press, 2006, pp.3.8-3.12.

**PREFECTURA DE CHIMBORAZO.** *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial 2020-2030.* [en línea]. Riobamba-Ecuador: 2020, pp.10-45. [Consulta: 15 de febrero 2021]. Disponible en: <https://chimborazo.gob.ec/wp-content/uploads/2020/08/1.-PDOT-Provincial.pdf>

**PRIETO, I.** *Reducción de emisiones de óxido de nitrógeno.* Universidad de Oviedo. [en línea]. Oviedo-España: 2018, pp.12. [Consulta: 10 de marzo 2021]. Disponible en: [http://ocw.uniovi.es/pluginfile.php/1015/mod\\_resource/content/1/1C\\_C152757\\_0910/04\\_GT17\\_Reducccion\\_de\\_NOX\\_en\\_humos.pdf](http://ocw.uniovi.es/pluginfile.php/1015/mod_resource/content/1/1C_C152757_0910/04_GT17_Reducccion_de_NOX_en_humos.pdf)

**PROGRAMA DE LAS NACIONES UNIDAS PARA EL MEDIO AMBIENTE (PNUMA).** *Actualizaciones de cuestiones emergentes del anuario del PNUMA 2014.* Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. 2014. pp. 43.

**QUEROL, Xavier., ALASTUEY, Andrés., MORENO, Teresa., VIANA, María del Mar., CASANOVA, Jesús., PÉREZ, Laura., SUNYER, Jordi & KUNZLI, Nino.** Calidad del aire urbano, salud y tráfico rodado. España: Barcelona: 2016, pp.15.

**RODRÍGUEZ ZAMORA, Josué Rafael.** Motocicletas de alto rendimiento. [Trabajo de titulación]. Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Ingeniería. Cd. Mx-México. 2018. pp. 51.

**SECRETARIA DE MEDIO AMBIENTE Y RECUERSOS NATURALES. (SEMARNAT).** Inventario de Emisiones Zona Metropolitana del Valle de México. [en línea]. México-1998, pp.27. [Consulta: 10 de noviembre 2020]. Disponible en: <http://www.aire.cdmx.gob.mx/descargas/publicaciones/flippingbook/inventario-emisiones-zmvm1998/inventario-emisiones-zmvm1998.pdf>

**UVIDIA SÁNCHEZ, Augusto David.** Emisión de gases de efecto invernadero en las opciones dominantes de movilidad del Distrito Metropolitano de Quito (Trabajo de maestría). Universidad Andina Simón Bolívar. Cambio Climático y Negociación Ambiental. Quito-Ecuador. 2020. pp.34-38.

**VAN AARDENNE, J.** “Incertidumbre en los inventarios de emisiones”. PhD thesis. Wageningen University.2002, pp.143.

**VASIC, A. M. & WEILENMANN, M.** Comparación de las emisiones del mundo real de vehículos de dos ruedas y pasajeros. *Ciencia y Tecnología Ambiental.* 2016. pp. 149–154

**VEGA VÁSCONEZ, Dayana Jazmín.** *Inventario de emisiones atmosféricas del tráfico vehicular y gasolineras del Distrito Metropolitano de Quito. Año base 2012.* Universidad San Francisco de Quito. Colegio de Ciencias e Ingeniería. [en línea]. Quito-Ecuador: 2012, pp.61. [Consulta: 15 de marzo 2021]. <https://repositorio.usfq.edu.ec/handle/>

## **ANEXOS**

### **ANEXO A: MODELO DE LA ENCUESTA EN LÍNEA.**

El presente formulario tiene como objetivo conocer el recorrido promedio anual de los vehículos de la PROVINCIA DE CHIMBORAZO. Estos datos serán usados para fines investigativos. El formulario está dirigido exclusivamente para personas cuyo lugar de residencia sea la provincia descrita anteriormente. Gracias por su participación.

**Seleccione la respuesta que considere correcta**

**1. ¿Qué tipo de vehículo posee?**

- Automóviles
- Camionetas y furgonetas
- SUV
- Motos
- Buses
- Pesados (camión, tanquero, tráiler y volqueta).

**2. ¿Qué combustible usa su vehículo?**

- Gasolina
- Diésel

**3. Año de fabricación:**

.....

**4. ¿Cuántos kilómetros recorre en promedio diariamente su vehículo?**

.....



**ANEXO B: KVR - VEHÍCULOS A GASOLINA.**

Vehículos a gasolina (km)						
Modelo	Automóviles	Camionetas y Furgonetas	SUV	Motocicletas	Pesados	Otra clases
<b>2003 y años anteriores</b>	118972000	83840000	48192000	28356000	2600000	784000
<b>2004</b>	12015000	7904000	4544000	2676000	250000	75000
<b>2005</b>	16620000	10928000	6288000	3696000	340000	105000
<b>2006</b>	18735000	12320000	7088000	4164000	380000	120000
<b>2007</b>	21000000	13808000	7936000	4668000	430000	135000
<b>2008</b>	22423000	13821000	7956000	4404000	480000	153000
<b>2009</b>	32004000	19728000	11340000	8892000	972000	216000
<b>2010</b>	27000000	16650000	9576000	5004000	552000	180000
<b>2011</b>	37530000	23148000	13302000	6960000	768000	252000
<b>2012</b>	35784000	22068000	12690000	6648000	720000	234000
<b>2013</b>	40800357	25825896	13139456	6920242	793000	246156
<b>2014</b>	35077230	22184592	11310384	5944150	676000	225643
<b>2015</b>	35979802	22752888	11609008	6106832	702000	246156
<b>2016</b>	17210407	10881816	5543208	2915762	338000	123078
<b>2017</b>	18246620	11416386	5752259	3160474	351000	126420
<b>2018</b>	39232340	24543092	12366420	6793052	741000	252840
<b>2019</b>	20416830	12763263	6426791	3527666	390000	126420

Realizado por: Gutiérrez, Cristina, 2021.

**ANEXO C: KVR - VEHÍCULOS A DIÉSEL.**

Vehículos a diésel (km)						
Modelo	Automóviles	Camionetas y Furgonetas	SUV	Pesados	Buses	Otra clases
<b>2003 y años anteriores</b>	320000	37765000	9280000	122775000	37530000	390500
<b>2004</b>	32000	3570000	880000	11550000	3510000	71000
<b>2005</b>	32000	5640000	1216000	15975000	4860000	0
<b>2006</b>	48000	6320000	1360000	18000000	5490000	73500
<b>2007</b>	48000	8900000	1536000	20175000	6210000	78500
<b>2008</b>	51000	8350000	1530000	19050000	5850000	79500
<b>2009</b>	68000	11300000	2057000	25650000	7830000	159000
<b>2010</b>	51000	9500000	1734000	21675000	6660000	0
<b>2011</b>	85000	13250000	2414000	30075000	9180000	79500
<b>2012</b>	68000	12600000	2312000	28725000	8820000	119250
<b>2013</b>	72000	13232520	2399312	29820288	9019448	119850
<b>2014</b>	72000	11394670	2064114	25549153	7810656	79900
<b>2015</b>	72000	11709730	2117040	26248066	7996624	79900
<b>2016</b>	36000	5618570	1005594	12580434	3812344	39950
<b>2017</b>	36000	5926910	1040878	13145906	3999000	40050
<b>2018</b>	72000	12715916	2240534	28181044	8463000	120150
<b>2019</b>	36000	6627363	1164372	14641548	4464000	0

Realizado por: Gutiérrez, Cristina, 2021.



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

**DIRECCIÓN DE BIBLIOTECAS Y RECURSOS DEL APRENDIZAJE  
UNIDAD DE PROCESOS TÉCNICOS Y ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO Y DOCUMENTAL**

**REVISIÓN DE NORMAS TÉCNICAS, RESUMEN Y BIBLIOGRAFÍA**

**Fecha de entrega:** 29 / 11 / 2021

<b>INFORMACIÓN DEL AUTOR/A (S)</b>
<b>Nombres – Apellidos:</b> <i>Evelyn Cristina Gutiérrez Quero</i>
<b>INFORMACIÓN INSTITUCIONAL</b>
<b>Facultad:</b> <i>Ciencias</i>
<b>Carrera:</b> <i>Ingeniería en Biotecnología Ambiental</i>
<b>Título a optar:</b> <i>Ingeniera en Biotecnología Ambiental</i>
<b>f. Analista de Biblioteca responsable:</b> <i>Ing. Leonardo Medina Ñuste MSc.</i>

**LEONARDO  
FABIO MEDINA  
NUSTE**

Firmado digitalmente por LEONARDO FABIO MEDINA NUSTE  
Nombre de reconocimiento (DN): c=EC,  
o=BANCO CENTRAL DEL ECUADOR,  
ou=ENTIDAD DE CERTIFICACION DE  
INFORMACION-ECIBCE, l=QUITO,  
serialNumber=0000621485, cn=LEONARDO  
FABIO MEDINA NUSTE  
Fecha: 2021.11.29 16:17:02 -05'00'



**2123-DBRA-UTP-2021**