

Elaboración de una propuesta para emisiones de GEI 's para el sector de transporte público-privado, al sustituir los vehículos por tecnología diésel en el DMQ.

---



DOI: <http://dx.doi.org/10.23857/dc.v7i4>

Ciencias Técnicas Y Aplicadas  
Artículo de investigación

***Elaboración de una propuesta para emisiones de GEI 's para el sector de transporte público-privado, al sustituir los vehículos por tecnología diésel en el DMQ.***

***Elaboration of a proposal for GHG emissions for the public-private transportation sector, when replacing vehicles with diesel technology in the DMQ.***

***Elaboração de uma proposta de emissões de GEE para o sector dos transportes públicos-privados, aquando da substituição de veículos por tecnologia diesel no DMQ.***

Johann Alfredo Garcés- Pérez <sup>I</sup>  
[jogarcspe@uide.edu.ec](mailto:jogarcspe@uide.edu.ec)  
<https://orcid.org/0009-0002-6915-8693>

Andrés Alexander Álvaro- Acero <sup>II</sup>  
[alalvaroac@uide.edu.ec](mailto:alalvaroac@uide.edu.ec)  
<https://orcid.org/0009-0008-7058-3930>

Guillermo Gorky Reyes- Campaña <sup>III</sup>  
[gureyesca@uide.edu.ec](mailto:gureyesca@uide.edu.ec)

Correspondencia: [jogarcspe@uide.edu.ec](mailto:jogarcspe@uide.edu.ec)

\***Recibido:** 25 febrero de 2023 \***Aceptado:** 31 de marzo de 2023 \* **Publicado:** 04 abril de 2023

- I.** Ingeniería Automotriz, Universidad Internacional del Ecuador, Quito, Ecuador.
- II.** Ingeniería Automotriz, Universidad Internacional del Ecuador, Quito, Ecuador.
- III.** Ingeniero Mecánico Automotriz, Magíster en Sistemas Automotrices, Doctorado en Educación Superior, Universidad Internacional del Ecuador UIDE, Quito, Ecuador.

Elaboración de una propuesta para emisiones de GEI 's para el sector de transporte público-privado, al sustituir los vehículos por tecnología diésel en el DMQ.

---

## Resumen

**Introducción:** El objetivo del estudio radica en la proyección de la huella de carbono de la ciudad de Quito en el periodo 2015-2035 al sustituir los vehículos público privados a gasolina por tecnología diésel. **Metodología:** Se utilizó la metodología inductivo-deductivo a través de la cuantificación del parque automotor en Quito e identificación de las variables para realizar el cálculo de las emisiones de GEI's de acuerdo a la metodología IPCC 2006. Las proyecciones fueron estructuradas a partir de la metodología comparativa donde se analizó los dos distintos tipos de escenarios. **Resultados.** Tomando en cuenta los taxis y vehículos de transporte privado se obtuvo una reducción de emisiones de GEI's del 5,23%, al reemplazar los vehículos de estudio a gasolina por motorización diésel al año 2035, es decir un 1,05% cada 5 años. Así también se obtuvo una reducción de 19,96%, tomando en cuenta sólo los vehículos tipo taxis. **Conclusión:** El cambio de motorización de gasolina a tecnología diésel con énfasis en vehículos tipo taxis, ayuda a la reducción de GEI's, esto debido a que la tecnología diésel ahorra combustible al ser más eficiente, reduciendo así el índice de contaminación, siempre y cuando su recorrido sea mayor a 30.000 km/año, aunque el factor de emisiones de GEI's del diésel es mayor que la gasolina se recompensa por medio de la eficiencia del motor diésel, que permite recorrer más kilómetros por galón de combustible.

**Palabras clave:** GEI; huella de carbono (HC); CO<sub>2</sub>; altitud.

## Abstract

**Introduction:** The objective of the study lies in the projection of the carbon footprint of the city of Quito in the period 2015-2035 by replacing public-private gasoline-powered vehicles with diesel technology. **Methodology:** The inductive-deductive methodology was used through the quantification of the automotive fleet in Quito and identification of the variables to calculate the GHG emissions according to the IPCC 2006 methodology. The projections were structured from the

Elaboración de una propuesta para emisiones de GEI 's para el sector de transporte público-privado, al sustituir los vehículos por tecnología diésel en el DMQ.

---

comparative methodology where the two different types of scenarios were analyzed. **Results:** Taking into account taxis and private transport vehicles, a reduction in GHG emissions of 5.23% was obtained, by replacing the gasoline-powered study vehicles with diesel engines by the year 2035. Thus, a reduction of 25 was also obtained. 20%, taking into account only taxi-type vehicles, that is, a reduction of 5.04% every 5 years. **Conclusion:** The change from gasoline motorization to diesel technology with an emphasis on taxi-type vehicles helps to reduce GHGs, this is because diesel technology saves fuel by being more efficient, thus reducing the pollution rate, as long as when its travel is greater than 30,000 km/year, although the GHG emissions factor of diesel is greater than gasoline, it is rewarded through the efficiency of the diesel engine, which allows it to travel more kilometers per gallon of fuel.

**Keywords:** GHG, carbon footprint (HC), CO<sub>2</sub>, altitude.

## Resumo

Introdução: O objetivo do estudo reside na projecção da pegada de carbono da cidade de Quito no período 2015-2035 através da substituição de veículos públicos privados movidos a gasolina por tecnologia diesel. Metodologia: A metodologia indutiva-deducativa foi utilizada através da quantificação da frota de veículos em Quito e da identificação de variáveis para calcular as emissões de GEE de acordo com a metodologia do IPCC 2006. As projecções foram estruturadas com base na metodologia comparativa, onde foram analisados os dois tipos diferentes de cenários. Resultados. Tendo em conta os táxis e veículos de transporte privado, obteve-se uma redução das emissões de GEE de 5,23% através da substituição dos veículos a gasolina por motores diesel até 2035, ou seja, 1,05% de 5 em 5 anos. Foi também obtida uma redução de 19,96%, tendo em conta apenas os veículos do tipo táxi. Conclusão: A mudança da tecnologia da gasolina para a diesel com ênfase nos veículos do tipo táxi ajuda a reduzir os GEE, porque a tecnologia diesel poupa combustível ao ser mais eficiente, reduzindo assim o índice de poluição, desde que seja conduzido mais de 30.000 km/ano. Embora o factor de emissões de GEE do diesel seja mais elevado do que a

Elaboración de una propuesta para emisiones de GEI 's para el sector de transporte público-privado, al sustituir los vehículos por tecnología diésel en el DMQ.

---

gasolina, é recompensado pela eficiência do motor diesel, que permite percorrer mais quilómetros por cada galão de combustível.

**Palavras-chave:** GEE; pegada de carbono (CF); CO<sub>2</sub>; altitude.

## Introducción

El incremento del parque automotor a nivel mundial ha provocado una mayor generación de gases de efecto invernadero (GEI) como son [CO]<sub>2</sub>, [CH]<sub>4</sub> [, N]<sub>2</sub> O, entre otros. La principal fuente de emisiones a nivel mundial es el uso de combustibles fósiles, en América Latina y el Caribe, el sector de energía y transporte compone el 33% de estas emisiones. (FROHMANN & OLMOS, 2013), siendo el [CO]<sub>2</sub>, el gas que más aporta a su formación (FROHMANN & OLMOS, 2013). Según estimaciones de 2016, la contaminación atmosférica en ciudades y zonas rurales de todo el mundo provoca cada año 4,2 millones de muertes prematuras. (OMS, 2021). Se estima que los vehículos a combustión interna seguirán dominando el mercado hasta 2030 y en América Latina un poco más, por estos motivos las empresas desarrollan nuevas tecnologías que disminuyan en un 50% o más el consumo de combustible. (IEA, 2012).

En octubre de 2016 el Distrito Metropolitano de Quito (DMQ), publica el “Programa de Mitigación del Cambio Climático del DMQ”, con el objetivo de reducir los GEI, con especial énfasis a los producidos por el sector de transporte. En Quito el transporte público abarca el 73% de movilidad mientras que el privado un 27% (Secretaría de movilidad, 2014). Para 2015 la huella de carbono (HC) de la ciudad de Quito fue de 5 759. 189 ton [CO]<sub>2e</sub>, de las cuales el sector del transporte es responsable del 53%, con un consumo de gasolina que representa el 36% total de HC y consumo de diésel que representa el 27%. (Quito Alcaldía, 2015). El crecimiento del parque vehicular del DMQ durante los últimos 10 años oscila entre el 5% y 10% con sus variaciones anuales, entre 15.00 y 35.000 vehículos por año que incrementa la generación de GEI's (Secretaria de movilidad, 2014).

## Elaboración de una propuesta para emisiones de GEI 's para el sector de transporte público-privado, al sustituir los vehículos por tecnología diésel en el DMQ.

---

Por estos motivos el presente estudio, elabora una propuesta para la reducción de emisiones GEIs para el sector de transporte público-privado, al sustituir los vehículos por tecnología diésel. Se empezó con un diagnóstico y caracterización del sector de transporte público-privado de la ciudad, después se construyó un escenario base para la proyección de 20 años de la demanda del sector y evaluar sus potenciales beneficios. Finalmente se realizó la simulación de escenarios prospectivos del reemplazo de los vehículos, el primer escenario si no se reemplaza los vehículos y el segundo si se reemplaza un 100% desde el inicio de estudio base. El estudio se limitó al transporte público-privado (taxis), ya que es un segmento versátil en comparación a la diversificación de tecnologías dentro del área urbana, notando que son los vehículos que más kilómetros recorren al año. Se elige la ciudad de Quito debido a que presenta una geografía variable que repercute en el rendimiento del motor. Para 2020 Quito es la octava ciudad con más congestión vehicular del mundo, haciendo que los quiteños pierdan 87 horas/año (Pishue, 2020). Y para 2018 abarcó aproximadamente el 20% del parque vehicular del Ecuador (EC Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, 2019).

### Marco teórico

#### Contaminación

La contaminación es introducir en el entorno un elemento “intruso” que no debería estar en él y afecta el equilibrio del entorno. Con los procesos de industrialización y desarrollo de la tecnología comienza la degradación ambiental, deteriorando el agua, la atmósfera y el suelo (Suárez & López, 1995). Con la contaminación llega el cambio climático conocido como el cambio del clima por medios directos o indirectos a las actividades humanas que afectan las temperaturas en el planeta.

La contaminación ocasiona un calentamiento global debido a la acumulación de GEI's en la atmósfera que absorben la radiación emitida en el planeta, atrapando así el calor e impidiendo que la energía salga hacia el espacio. El dióxido de carbono  $\text{CO}_2$  es el GEI que mayor participación tiene con un 80%, seguido del metano  $\text{CH}_4$  óxido nitroso que  $\text{N}_2\text{O}$  el tercer puesto. Las

Elaboración de una propuesta para emisiones de GEI 's para el sector de transporte público-privado, al sustituir los vehículos por tecnología diésel en el DMQ.

---

emisiones de GEIs crecerán, según las proyecciones, entre 25% y 90 % entre el 2000 y 2030; originando cambios de temperatura en el planeta y afectando a la humanidad. (UNFCCC, 2007).

Para poder definir estrategias y metas que ayuden a la reducción de estas emisiones de GEI aparece la Huella de Carbono (HC). Mediante la cuantificación de la HC se conocen los gases que son emitidos de manera directa o indirecta por una organización, producto u otra actividad. La HC considera 6 GEI: dióxido de carbono ( $CO_2$ ), metano ( $CH_4$ ), óxido nitroso ( $N_2O$ ), hidrofluorocarbonos ( $HFC$ ), perfluorocarbonos ( $PFC$ ), y hexafluoruro de azufre ( $SF_6$ ).

### **Contaminación Vehicular**

Los vehículos afectan al medio ambiente por medio de su construcción, uso y eventual eliminación. Se estima que las emisiones de  $CO_2$  producidas durante la vida útil de un automóvil corresponden al 10% de su fabricación, 5% de su eliminación y el 85% del uso de combustible y el mantenimiento del vehículo (Environmental protection uk, 2007). Las emisiones producidas por un medio de locomoción corresponden a un 87% de monóxido de carbono ( $CO$ ), 66% óxido de nitrógeno ( $NO_x$ ), 25% dióxido de carbono ( $CO_2$ ) y 5% dióxido de azufre ( $SO_2$ ) (Ovando, 2010).

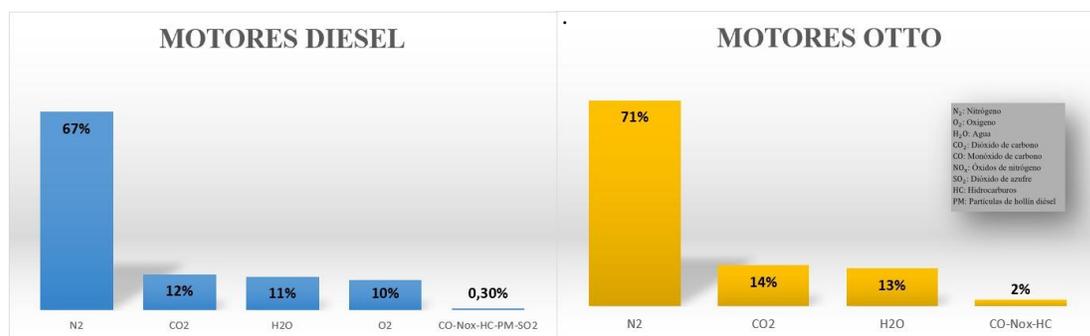
### **Motores a diésel**

“El proceso de combustión en un motor de encendido por compresión se produce al mezclar el aire con diésel, a diferencia del motor de gasolina en este caso no se produce el encendido por chispa sino por la alta presión y temperatura dentro del cilindro debido a la compresión de la mezcla” (Payri & Desantes, 2011). El cetano es la medida del comportamiento por compresión de un combustible diésel; a mayor cetano, menor retardo del encendido y estabilidad de la combustión (ACEA, 2013). Un incremento del número de cetano de 50 a 58 puede reducir el HC y CO en un 26% (ACEA, 2013). Respecto a emisiones contaminantes, los motores diésel producen menos CO e hidrocarburos inquemados, pero más  $NO_x$  que los de gasolina, ya que los diésel utilizan una mezcla

Elaboración de una propuesta para emisiones de GEI 's para el sector de transporte público-privado, al sustituir los vehículos por tecnología diésel en el DMQ.

combustible más pobre (INST, 2013). Los motores diésel presentan valores de eficiencia máxima del 48% al año 2000, mientras que los a gasolina solo alcanzaban valores del 35%, que nos lleva a una disminución de  $\text{CO}_2$  (Lopez, 2006). Por contraparte los diesel emiten de 10 a 20 veces más material particulado que los de gasolina. Si bien el diésel emite más dióxido de carbono que la gasolina, “la mayor eficiencia energética del motor diésel hace que esta diferencia sea casi insignificante en el uso real del motor” (Querol et al., 2016). En la figura 1 se observa un panorama de las Emisiones en motores Diesel y gasolina.

Figura 1. Composición de los gases de escape



Nota: (Autores)

**Normativas existentes para mitigar la contaminación vehicular.**

En Europa existen las normativas EURO, creadas para disminuir los gases nocivos producidos por los motores que causan un impacto ambiental y así controlar la producción de vehículos que superen los límites máximos de emisiones de escape establecidos.

Tabla 1. Normativas EURO para vehículos con motor Diesel.

Limitación de emisiones para vehículos nuevos con motor Diesel					
Válido a partir	CO(g/km)	HC(g/km)	NOx(g/km)	HC+NOx(g/km)	PM

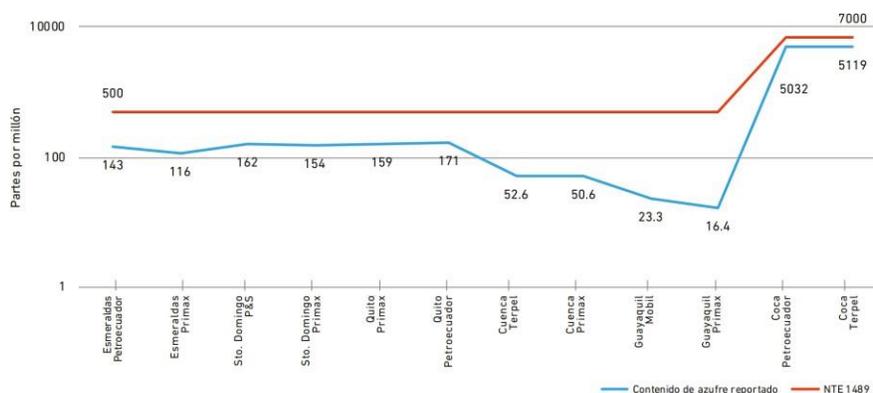
Elaboración de una propuesta para emisiones de GEI 's para el sector de transporte público-privado, al sustituir los vehículos por tecnología diésel en el DMQ.

	de					
EURO1	dic-92	2,72-3,16	-	-	0,97-1,13	0,14-0,18
EURO2	ene-97	1	-	-	0,70	0,08
EURO3	ene-00	0,64	-	0,5	0,56	0,05
EURO4	ene-05	0,50	-	0,25	0,30	0,025
EURO5	sep-09	0,50	-	0,18	0,23	0,005
EURO6	ago-14	0,50	-	0,08	0,17	0,005

En el Ecuador los requisitos mínimos que debe cumplir el diésel para poder ser comercializado son establecidos por la NTE INEN 1489. Actualmente, la cantidad de azufre en el diésel Premium es de 500 ppm, una medida bastante alta a nivel de emisiones. (Programa de Naciones Unidas para el medio ambiente, 2007). En el Ecuador contamos con tecnologías euro II y euro III en vehículos diésel, esta última establece un contenido de azufre menor a 350 partes por millón, en contrapartida, las normas euro VI aceptan 15 ppm de azufre.

La Figura 2 representa el contenido de azufre en ppm del diésel en distintas ciudades del Ecuador de color azul y de color rojo el límite establecido por normativa NTE 1489.

**Figura 2.** Contenido de azufre del diésel en ciudades del Ecuador.



Nota: (AEADE, 2020)

### Metodología del IPCC

El Organismo Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC), se estableció en el año de 1988 y es el encargado de llevar a cabo discusiones y metodologías de levantamiento de inventarios y

Elaboración de una propuesta para emisiones de GEI 's para el sector de transporte público-privado, al sustituir los vehículos por tecnología diésel en el DMQ.

---

temas relacionados al mercado de emisiones de GEI. En él se encuentran metodologías usadas a nivel mundial usando factores de emisiones generales y oficiales. En síntesis, el IPCC establece que las emisiones se pueden cuantificar a partir de la expresión:

$$\text{Emisión} = \text{Dato de actividad} * \text{factor de emision}$$

Para la cuantificación de las emisiones existen dos tipos de métodos: el primero denomina Método de Referencia (top down), permite estimar sólo las emisiones de  $CO_2$ ; y el segundo Método por Actividad (bottom-up), el cual permite también obtener otros gases de efecto invernadero.

El método de referencia divide el cálculo de las emisiones de  $CO_2$  en 5 pasos (IPCC, 2006):

1. Estimación del consumo aparente de combustibles en unidades originales.
2. Conversión a unidades comunes de energía.
3. Calcular el contenido de carbono.
4. Calcular el carbono excluido.
5. Corregir el carbono sin oxidar y convertir en emisiones de  $CO_2$

$$CO_2 \text{ emitido} = (\text{Contenido de C oxidado}) * \frac{44}{12}$$

$$CO_2 \text{ emitido} = (\text{Contenido de C} - \text{C no oxidado} - \text{C excluido}) * \frac{44}{12}$$

Se  
deter  
mina  
con la  
siguie

nte expresión:

En lo referente al método por actividad las emisiones pueden estimarse a partir del combustible consumido o por la distancia recorrida por los vehículos utilizando el primero para identificar el  $CO_2$  y el segundo para calcular el  $CH_4$  y  $N_2O$ . se toma en cuenta que de un 99 a 100% del carbono se oxida (IPCC, 2006).

Elaboración de una propuesta para emisiones de GEI 's para el sector de transporte público-privado, al sustituir los vehículos por tecnología diésel en el DMQ.

---

En la ecuación 1.1 se muestra cómo cuantificar el  $CO_2$  en la movilidad:

$$\text{Emision} = \sum_a [\text{Combustible}_a \times EF_a]$$

Ec. [1.1]

Donde:

Emisión = emisiones de  $CO_2$  (kg)

Combustible<sub>a</sub> = combustible vendido (TJ)

$EF_a$  = factor de emision ( $\frac{kg}{TJ}$ ). Es igual al contenido de carbono del combustible \*  $\frac{44}{12}$

a = tipo de combustible (p.ej., gasolina, diesel, etc.)

Dentro de los niveles de aproximación del IPCC para estimar el  $CO_2$  en el transporte terrestre, únicamente existen Nivel 1 (Tier 1) y Nivel 2 (Tier 2), con la única diferencia que, en el Nivel 2 se utiliza el contenido de carbono específico del país de donde proviene el combustible (IPCC, 2006). Para el presente trabajo se utilizará el nivel de aproximación Tier 1.

En la ecuación 1.2 se muestra cómo cuantificar el  $CH_4$  y  $N_2O$  en la movilidad

$$\text{Emision} = \sum_a [\text{Combustible}_a \times EF_a]$$

Ec. [1.2]

Donde:

Emision = emisiones de  $CO_2$  (kg)

Combustible<sub>a</sub> = combustible consumido (TJ)

Elaboración de una propuesta para emisiones de GEI 's para el sector de transporte público-privado, al sustituir los vehículos por tecnología diésel en el DMQ.

---

$$EF_a = \text{factor de emision} \left( \frac{\text{kg}}{\text{TJ}} \right).$$

a = tipo de combustible (p.ej., gasolina, diesel, etc.)

## Materiales Y Métodos

El estudio se basa en dos metodologías que en conjunto forman la sustentación del tema, como primera instancia para la etapa del diagnóstico del sector de transporte se usó la metodología inductivo-deductivo. El modelo se define inductivo al estudiar hechos particulares para establecer generalizaciones y deductivo que permite generalizar a partir de casos específicos. Como primera instancia el modelo plantea analizar datos de manera particular para luego comparar de manera general con toda la cantidad de vehículos que se ofertan a nivel del DMQ, obtenidos los datos se determinó los GEI's, utilizando distintos tipos de tecnología para proyectarlos en el periodo de estudio (2015-2035) escogiendo los datos más relevantes de los vehículos público-privados con año base 2015, donde se levanta información sobre la dimensión y características del parque vehicular. Posterior a esto la metodología usada en la fase de cuantificación y análisis de resultados, fue el modelo comparativo, que muestra los datos obtenidos mediante un estudio paralelo o de propiedades similares, así determinar la calidad significativa de los resultados. Construir una investigación comparativa inicia con la configuración de una estructura teórica, se realiza en la primera etapa del diagnóstico del parque automotor, obteniendo datos relevantes que son utilizados para la elaboración de hipótesis. En una segunda etapa, hay que definir los objetos de estudio para que sean comparables y relevantes. En una tercera etapa, se definen las variables que se van a comparar, según sea el caso y la estrategia, las semejanzas o diferencias. (Gómez Díaz & Leon de la Garza, pág. 2014). El método que se usa para la comprobación de la dependencia de variables principales de la hipótesis planteada, en este caso es el uso de distintas tecnologías para la determinación de GEI's, son la gasolina, el diésel y el tiempo de reemplazo de las tecnologías en el periodo de estudio 2015-2035, mediante la creación de dos distintos escenarios que son, si la

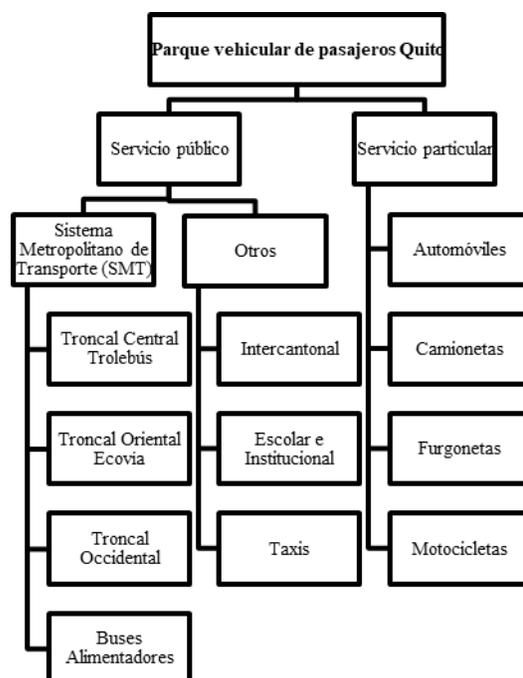
Elaboración de una propuesta para emisiones de GEI 's para el sector de transporte público-privado, al sustituir los vehículos por tecnología diésel en el DMQ.

substitución de la tecnología es total desde el año base y el otro escenario si no se realiza este cambio de tecnología.

Como siguiente paso es necesario explicar la manera en que se calculan los GEI's para los diferentes combustibles.

### Diagnóstico del parque automotor en el DMQ, para el año base

La caracterización del parque vehicular en Quito se divide en dos categorías.



**Figura 3.**  
*Estructura del parque vehicular de pasajeros por tipo de servicio*

Elaboración de una propuesta para emisiones de GEI 's para el sector de transporte público-privado, al sustituir los vehículos por tecnología diésel en el DMQ.

---

*Nota:* (Autores)

En lo que se refiere a la Troncal Central de Trolebuses para el año 2015, se componía de una flota de 90 articulados con motor eléctrico y un motor auxiliar a Diesel, más 80 que llegaron en 2016 para sustituir a las antiguas unidades. En el transporte intracantonal se componen de diferentes cooperativas que suman 135 líneas y 2.624 buses urbanos (Secretaría de Movilidad-AMT, 2015). El transporte escolar e institucional, en el año base circulan 5.500 buses y busetas, que mayoritariamente son vehículos diésel con cilindraje entre 2.000 a 3.000  $\text{cm}^3$ . El servicio de transporte público privado (taxis) en Quito al año base circulan 14.136 taxis legales, que comprenden entre los 1.501 y 2.000  $\text{cm}^3$  (AMT, 2015).

**Tabla 2.** Estructura del transporte público en Quito para el año 2015

<b>Estructura de Transporte Público en Quito 2015</b>		
<b>Clasificación</b>	<b># Vehículos</b>	<b>%</b>
Sistema Metropolitano de Transporte (SMT)	170	1%
Transporte Intracantonal	2.624	12%
Transporte escolar e institucional	5.500	25%
Taxis	14.136	63%
<b>Total</b>	<b>22.430</b>	<b>100%</b>

*Nota:* (Autores) (AMT, 2015)

En cuanto al servicio particular al año base, en Quito circularon 357.212 vehículos livianos de uso particular (AMT, 2015). Se incluyen automóviles, camionetas, furgonetas y motocicletas. Los automóviles ocupan el 83%, seguido de camionetas 9%, furgonetas 2% y motocicletas 6%. Siendo la gasolina el combustible que más utilizan (AMT, 2015). Con relación al cilindraje de los motores en vehículos de transporte privado corresponde de 1.500 a 2.000  $\text{cm}^3$  42% de participación, siguiéndole el rango de 1.000 a 1.500  $\text{cm}^3$  con 29%, el rango de 2.001 a 3.000 abarca un 19% que

Elaboración de una propuesta para emisiones de GEI 's para el sector de transporte público-privado, al sustituir los vehículos por tecnología diésel en el DMQ.

generalmente está compuesto por camionetas; para vehículos todo terreno de más de 3.000  $\text{cm}^3$  un 4% y vehículos menores de 1000  $\text{cm}^3$  corresponde un 6%. Por otro lado, las motos están en el rango entre 250 y 500  $\text{cm}^3$  (AMT, 2015).

**Tabla 3.** Estructura del transporte privado en Quito para el año 2015

<b>Estructura del transporte particular en Quito 2015</b>		
<b>Clase de Vehículo</b>	<b># Vehículos</b>	<b>%</b>
Automóviles	296.486	83%
Camionetas	32.149	9%
Motocicletas	21.433	6%
Furgonetas	7.144	2%
<b>Total</b>	<b>357.212</b>	<b>100%</b>

*Nota:* (Autores). (AMT, 2015).

El presente artículo se enfocó en el análisis de los vehículos públicos-privados que operan con gasolina y la hipótesis de si estos mismos vehículos son sustituidos por autos con tecnología diésel, es decir, que pasaría con las emisiones de GEI's. Como se explicó en el capítulo anterior, el diésel es 13% más eficiente que la gasolina, lo que se traduce a recorrer más kilómetros con menos uso de combustible. El vehículo diésel es más rentable que el de gasolina siempre y cuando recorra un mínimo de 30.000 km al año para saldar los costos de consumo de combustible y mantenimiento del vehículo, representando hasta 1600 euros de ahorro de combustible a comparación de uno a gasolina (Ortiz estas premisas

<b>Clase de buses</b>	<b>Consumo Promedio (gal diésel/año)</b>
-----------------------	--

Vallejo). Bajo se desarrolla el estudio de sustitución y proyección del parque de vehículos público-privados en cuanto a generación de GEI's en el periodo 2015-2035.

### **Determinación del recorrido anual y consumo específico de combustible**

Una vez diagnosticado el parque automotor del DMQ, se procede a conocer los kilómetros por año que recorren cada modalidad de transporte.

**Tabla 4.** Consumo de diésel para las distintas opciones de buses en el DMQ

Elaboración de una propuesta para emisiones de GEI 's para el sector de transporte público-privado, al sustituir los vehículos por tecnología diésel en el DMQ.

Sistema Metropolitano de Transporte	62.496
Transporte Intracantonal	29.307
Transporte escolar e institucional	1.829

*Nota:* (Autores) (Secretaría de Movilidad-AMT, 2015)

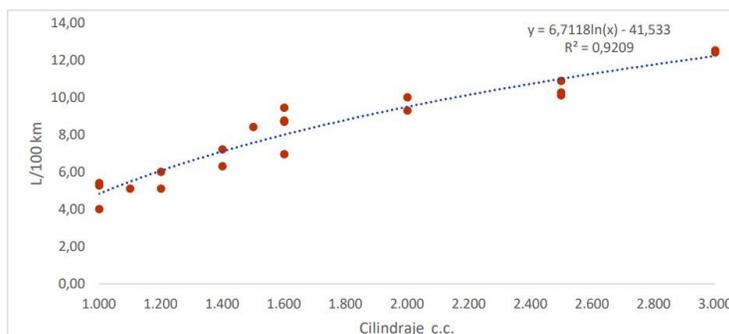
En la tabla 4, se puede observar la información de consumos promedio de transporte público (buses), la información usada fue suministrada por la Secretaría de Movilidad del DMQ, citada en la tesis “Emisiones de gases de efecto invernadero en las ocupaciones dominantes de movilidad del Distrito Metropolitano de Quito” por Alex Posso.

En cuanto al transporte particular, un automóvil particular en Quito circula entre 20.000 y 30.000 km al año según (CONSULVIAL, 2013), se estableció un promedio de 25.000 km por año para los cálculos. Para camionetas la cifra varía entre 19.000 a 41.000 km, dependiendo si es para trabajo o de uso particular, se establece un promedio de 30.000 km al año. Para vehículos público-privados (taxis), recorren entre 40.000 a 66.000 km al año, tomando como valor medio 56.000 km al año de acuerdo con la ANT. Las motocicletas recorren un promedio de 5.207 km/año (Posso Espinosa, 2020). Otro dato de referencia es la altura, el motor pierde en promedio 4% de su eficiencia al pasar de 0 a 3000 msnm (La puerta, 2004), Quito al estar a 2800 msnm está muy cercano a esta altura por lo que se toma este valor para dividirlo por el consumo promedio.

En la figura 5 se observa el gráfico de dispersión del consumo específico vs cilindraje en motores a gasolina con su respectiva fórmula para sacar el consumo específico en l/100km.

**Figura 4.** Gráfico de dispersión del consumo específico vs cilindraje.

Elaboración de una propuesta para emisiones de GEI 's para el sector de transporte público-privado, al sustituir los vehículos por tecnología diésel en el DMQ.



Nota: (García, 2018)

$$Y = 6,71 * \ln(x) - 41,53$$

Ec. 2.3

Donde

Y = consumo específico de gasolina L/100 km

X = cilindraje del automóvil (cm<sup>3</sup>)

Tabla 5. Consumo de combustible para vehículos livianos y transporte público privado del DMQ

Clase de vehículo	Combustible	Valor medio	L/100 km	Km/gal	Factor por altura	Rendimiento promedio (km/gal)	Recorrido promedio (km/año)	Consumo promedio (gal/año)
Taxis	Gasolina	1600	7,87	47,5	1,04	45,67	56.000	1.226
Taxis (Citroën Celysse)	Diesel	1600	5,3	71,42	1,04	68,67	56.000	815
Particulares 1.000-1.500	Gasolina	1250	6,33	59,8	1,04	57,50	25.000	435
Particulares 1.501-2.000	Gasolina	1750	8,59	44,1	1,04	42,40	25.000	590
Camionetas	Diesel	3000	9,25	40,9	1,04	39,33	30.000	763
Mayor a 3.000	Gasolina	3250	12,74	29,7	1,04	28,56	25.000	875
Motocicletas	Gasolina	250	4,4	86,03	1,04	82,72	5.207	63

Nota: (Autores) (AMT, 2015).

## Elaboración de una propuesta para emisiones de GEI 's para el sector de transporte público-privado, al sustituir los vehículos por tecnología diésel en el DMQ.

En la tabla 5, se observa el consumo de combustible para las diferentes categorías; se utiliza el Citroën Celysse como punto de comparación ya que tiene una misma cilindrada que los vehículos público-privados que circulan en Quito y que se ofertan actualmente en el mercado, sus valores de consumo específico se tomaron a partir de su ficha técnica en un rango de 100 a 120km a 2600 rpm (MARESA, 2020). Para camionetas se usan los valores de la Dmax 3.0 a Diesel ya que es la que más participación tiene en el mercado (GM, 2021).

### Cálculo de emisiones de GEI's

#### Factores de emisiones de GEI's del transporte de pasajeros

Para determinar las emisiones de los distintos GEI's, se utilizan las "Directrices del IPCC de 2006 para inventarios nacionales de gases de efecto invernadero" en su Capítulo 3 sobre "Combustión Móvil" (IPCC, 2006). El documento muestra los factores de emisión de  $CO_2$ ,  $CH_4$ ,  $N_2O$ , con relación al combustible utilizado.

**Tabla 6.** Factores de emisiones de GEI's por defecto de los vehículos de transporte terrestre

Combustible	Poder calórico (TJ/Gg)	Densidad ( $t/m^3$ )	$CO_2$ (kg/TJ)	$CH_4$ (kg/TJ)	$N_2O$ (kg /TJ)
Diesel	41,8	0,88	74.100	3,9	3,9
Gasolina	42,5	0,75	69.300	25	8

*Nota:* (IPCC, 2006).

Como el factor de emisión está en kt de  $CO_2$  eq/TJ se convierten todos los factores de emisiones a esta misma unidad para efectos de agregación. Se usa el factor de conversión GWP (Potencial de Calentamiento Global), así es posible convertir los factores de emisión de  $CH_4$  y  $N_2O$  a factores de emisión de  $CO_2$  equivalente. Para la conversión se multiplican los valores de emisión de los diferentes GEI's por sus respectivos valores de GWP (IPCC, 2006).

Elaboración de una propuesta para emisiones de GEI 's para el sector de transporte público-privado, al sustituir los vehículos por tecnología diésel en el DMQ.

En la tabla 6, se indican los valores de GWP recomendados por el IPCC, para el  $\text{CH}_4$  y  $\text{N}_2\text{O}$ . El  $\text{CO}_2$  es su misma unidad. El GWP es una medida relativa del calor atrapado en la atmósfera por un GEI en un determinado periodo de tiempo comparado con el calor atrapado por una masa similar de  $\text{CO}_2$ .

**Tabla 7.** Factores de emisión de GEI's por defecto de los vehículos de transporte terrestre.

GEI	GWP para 100 años
Dióxido de Carbono ( $\text{CO}_2$ )	1
Metano ( $\text{CH}_4$ )	28
Óxido Nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ )	298

*Nota:* (IPCC, 2006).

A continuación, se presentan distintas equivalencias para resolver los problemas:

- $1 \text{ kt} = 10^3 \text{ t} = 1 \text{ Gg}$
- $1 \text{ kg} = 10^3 \text{ g}$
- $1 \text{ m}^3 = 264,72 \text{ gal}$

## Emisiones de diésel

Emisiones de  $\text{CO}_2$ :

$$\text{Emisión} = \left[ \frac{1 \text{ m}^3}{264,172 \text{ gal}} \times \frac{0,88 \text{ t}}{\text{m}^3} \times \frac{1 \text{ Gg}}{10^3 \text{ t}} \times \frac{41,8 \text{ TJ}}{1 \text{ Gg}} \right] \times \left[ \frac{74,10 \times 10^6 \text{ g}_{\text{CO}_2}}{\text{TJ}} \right]$$

$$\text{Emisión}_{\text{diésel}} = 10.317,87 \frac{\text{g}_{\text{CO}_2}}{\text{gal}}$$

Emisiones de  $\text{N}_2\text{O}$  y  $\text{CH}_4$ :

$$\text{Emisión} = \left[ \frac{1 \text{ m}^3}{264,172 \text{ gal}} \times \frac{0,88 \text{ t}}{1 \text{ m}^3} \times \frac{1 \text{ Gg}}{10^3 \text{ t}} \times \frac{41,8 \text{ TJ}}{1 \text{ Gg}} \right] \times \left[ \frac{3,9 \times 10^3 \text{ g}_{\text{N}_2\text{O}}}{1 \text{ TJ}} \right]$$

Elaboración de una propuesta para emisiones de GEI 's para el sector de transporte público-privado, al sustituir los vehículos por tecnología diésel en el DMQ.

---

$$Emisión_{diésel} = 0,543 \frac{g_{N_2O}}{gal}$$

$$Emisión_{diésel} = 0,543 \frac{g_{CH_4}}{gal}$$

Emisiones de  $CO_{2eq}$ : en términos de Potencial de Calentamiento Global GWP:

$$Emisión = \left[ \frac{10.317,88 g_{CO_2}}{1gal} \times \frac{1 g_{CO_{2eq}}}{1 g_{CO_2}} \right] + \left[ \frac{0,543 g_{CH_4}}{1gal} \times \frac{28 g_{CO_{2eq}}}{1 g_{CH_4}} \right] + \left[ \frac{0,543 g_{N_2O}}{1gal} \times \frac{265 g_{CO_{2eq}}}{1 g_{N_2O}} \right]$$

$$Emisión_{diésel} = 10.476,99 \frac{g_{CO_{2eq}}}{gal}$$

## Emisiones de gasolina

Emisiones de  $CO_2$ :

$$Emisión = \left[ \frac{1m^3}{264,172gal} \times \frac{0,75 t}{m^3} \times \frac{1Gg}{10^3 t} \times \frac{42,5 Tj}{1Gg} \right] \times \left[ \frac{69,30 \times 10^6 g_{CO_2}}{Tj} \right]$$

$$Emisión_{gasolina} = 8.361,74 \frac{g_{CO_2}}{gal}$$

Emisiones de  $N_2O$  y  $CH_4$ :

$$Emisión = \left[ \frac{1m^3}{264,172gal} \times \frac{0,75t}{1m^3} \times \frac{1Gg}{10^3 t} \times \frac{42,5Tj}{1Gg} \right] \times \left[ \frac{8 \times 10^3 g_{N_2O}}{1 Tj} \right]$$

$$Emisión_{gasolina} = 0,965 \frac{g_{N_2O}}{gal}$$

$$Emisión = \left[ \frac{1m^3}{264,172gal} \times \frac{0,75t}{1m^3} \times \frac{1Gg}{10^3 t} \times \frac{42,5Tj}{1Gg} \right] \times \left[ \frac{25 \times 10^3 g_{CH_4}}{1 Tj} \right]$$

Elaboración de una propuesta para emisiones de GEI 's para el sector de transporte público-privado, al sustituir los vehículos por tecnología diésel en el DMQ.

$$Emisión_{gasolina} = 3,016 \frac{g_{CH_4}}{gal}$$

$$Emisión = \left[ \frac{8.361,74 g_{CO_2}}{1 gal} \times \frac{1 g_{CO_{2eq}}}{1 g_{CO_2}} \right] + \left[ \frac{3,016 g_{CH_4}}{1 gal} \times \frac{28 g_{CO_{2eq}}}{1 g_{CH_4}} \right] + \left[ \frac{0,965 g_{N_2O}}{1 gal} \times \frac{265 g_{CO_{2eq}}}{1 g_{N_2O}} \right]$$

$$Emisión_{gasolina} = 8.701,91 \frac{g_{CO_{2eq}}}{gal}$$

### GEI's en los diferentes transportes en Quito

Tras realizar los cálculos de emisiones de GEI's para Diesel y Gasolina, se ejecuta la síntesis de los distintos tipos de transporte de la ciudad de Quito como se observa en la tabla 7.

**Tabla 8.** GEI's para vehículos livianos

Clase de vehículo	Combustible	Consumo Promedio (g/año)	Emisiones de CO <sub>2</sub> (kg/año)	Emisiones de N <sub>2</sub> O(kg/año)	Emisiones de CH <sub>4</sub> (kg/año)	Emisiones de CO <sub>2eq</sub> (kg/año)
Taxis	Gasolina	1226	10.251	1,18	3,70	10.668,54
Taxis (Citroen Celysse)	Diésel	815	8.409,09	0,44	0,44	8.538,75
Particulares 1.000 - 1.500	Gasolina	435	3.637,36	0,42	1,31	3.785,33
Particulares 1.501 - 2.000	Gasolina	590	4.933,43	0,57	1,78	5.134,13
Camionetas D-max 3.000	Diésel	763	7.872,53	0,41	0,41	7.993,94
Mayor a 3.000	Gasolina	875	7.316,52	0,84	2,64	7.614,17
Motocicletas	Gasolina	63	526,79	0,06	0,19	548,22

Nota: (AMT, 2015) (IPCC, 2006).

En cuanto al transporte público la tabla 8 sintetiza la emisión de GEI's

**Tabla 9.** GEI para vehículos públicos

Clase de bus	Consumo promedio (gal <sub>diesel</sub> /año)	Emisiones de CO <sub>2</sub> (kg/año)	Emisiones de N <sub>2</sub> O (kg/año)	Emisiones de CH <sub>4</sub> (kg/año)	Emisiones de CO <sub>2eq</sub> (kg/año)
Sistema Metropolitano de Transporte	62.496	644.825	33,94	33,94	654.769,97
Transporte	29.307	302.385	15,91	15,91	307.049,14

Elaboración de una propuesta para emisiones de GEI 's para el sector de transporte público-privado, al sustituir los vehículos por tecnología diésel en el DMQ.

Intracantonal					
Transporte		18.871	0,99	0,99	19.162,41
escolar e	1.829				
institucional					

*Nota:* (AMT, 2015) (IPCC, 2006).

### Proyección de los GEI's para 2035

Realizar la estimación del crecimiento del parque automotor de Quito, es una tarea muy compleja debido a los diferentes tipos de movilidad que existen y la densidad del parque automotor, por lo que sería necesario realizar costosas encuestas y utilizar modelos estadísticos sofisticados. No obstante, ya existen estudios realizados sobre el tema. Se utilizó como referencia, las proyecciones que constan en el estudio realizado por la empresa MGM Innova en el año 2014, como asistencia técnica al Municipio del Distrito Metropolitano de Quito, titulado “NAMA sobre Movilidad Urbana en Quito, Ecuador”, citado por el Ing. Fabio García. En el estudio se realizan proyecciones del número de viajes requeridos en el sistema de transporte público y privado de Quito para el periodo 2009-2025. Aquí se considera un crecimiento anual promedio para el número de viajes en vehículos de transporte público de 1,5% y en vehículos privados de 2,5% (Innova, 2014). Asumiendo que el transporte de pasajeros continúe con estas tasas de crecimiento, con los datos de emisiones de GEI's, se aplican las tasas de crecimiento para obtener las distintas proyecciones.

En la tabla 9, se observan los resultados de emisiones de gasolina, asumiendo que el transporte público-privado no cambiaría de combustible (gasolina) en el periodo de estudio.

**Tabla 10.** *Proyección de emisiones de GEIs vehículos privados con transporte público-privado a gasolina (kt CO<sub>2eq</sub>)*

Clase de vehículo	2015	2020	2025	2030	2035	t.p.a.
-------------------	------	------	------	------	------	--------

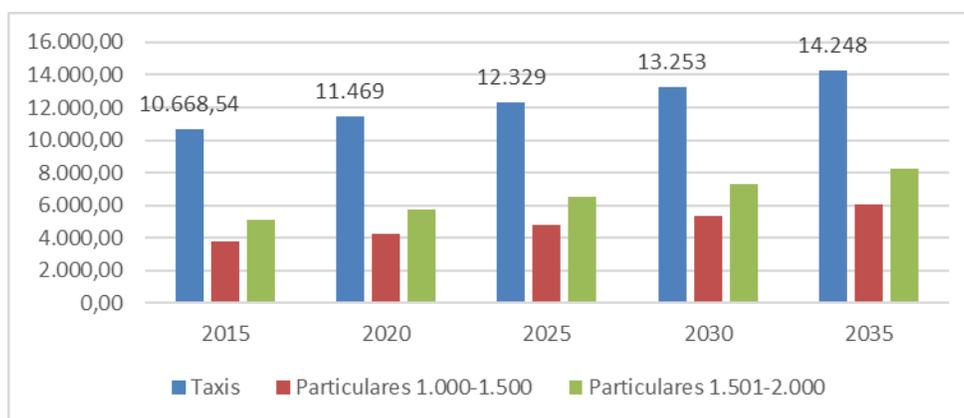
Elaboración de una propuesta para emisiones de GEI 's para el sector de transporte público-privado, al sustituir los vehículos por tecnología diésel en el DMQ.

Taxis	10.668,54	11.469	12.329	13.253	14.248	1,50%
Particulares 1.000-1.500	3.785,33	4.258	4.791	5.390	6.063	2,50%
Particulares 1.501-2.000	5.134,13	5.776	6.498	7.310	8.224	2,50%
Camionetas	7.993,94	8.993	10.117	11.382	12.805	2,50%
Mayor a 3.000	7.614,17	8.566	9.637	10.841	12.196	2,50%
Motocicletas	548,22	617	694	781	878	2,50%
<b>TOTAL</b>	<b>35.744</b>	<b>39679</b>	<b>44.065</b>	<b>48.957</b>	<b>54.414</b>	

*Nota:* (Autores)

La figura 5, representa la suma de emisiones de GEI's, entre los vehículos privados y el transporte público-privado(taxis), sí estos últimos no cambian de unidades a gasolina para 2035.

**Figura 5.** Proyección de emisiones de GEI's vehículos privados con transporte público-privado a gasolina (kt CO<sub>2eq</sub> ).



*Nota:* (Autores)

En la tabla 10, se muestran los valores de GEI's generados en el periodo 2015-2035, si desde el año base se cambiaría en su totalidad el transporte público-privado por vehículos diésel.

Elaboración de una propuesta para emisiones de GEI 's para el sector de transporte público-privado, al sustituir los vehículos por tecnología diésel en el DMQ.

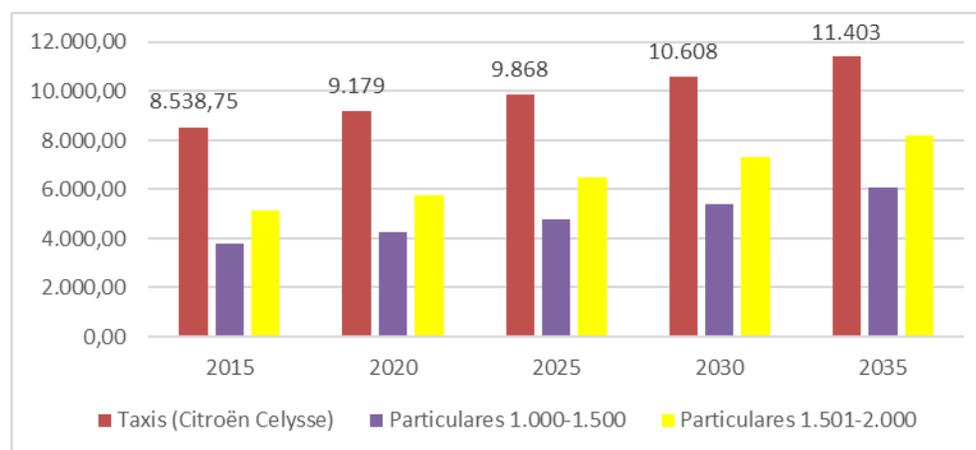
**Tabla 11.** Proyección de emisiones GEI's vehículos privados con transporte público-privado a diésel (kt CO<sub>2eq</sub>)

		2015	2020	2025	2030	2035	t.p.a.
Taxis (Citroën Celysse)		8.538,75	9.179	9.868	10.608	11.403	1,50%
Particulares	1.000-1.500	3.785,33	4.258	4.791	5.390	6.063	2,50%
Particulares	1.501-2.000	5.134,13	5.776	6.498	7.310	8.224	2,50%
Camionetas		7.993,94	8.993	10.117	11.382	12.805	2,50%
Mayor a 3.000		7.614,17	8.566	9.637	10.841	12.196	2,50%
Motocicletas		548,22	617	694	781	878	2,50%
<b>TOTAL</b>		<b>33.615</b>	<b>37.389</b>	<b>41.604</b>	<b>46.311</b>	<b>51.570</b>	

Nota: (Autores)

En la figura 6, la línea roja representa las emisiones de GEI's a lo largo del periodo de estudio. Tomando en cuenta que los vehículos público-privados cambian de tecnología gasolina a diésel desde 2015.

**Figura 6.** Proyección de emisiones de GEI's vehículos privados con transporte público-privado a diésel (kt CO<sub>2eq</sub>)



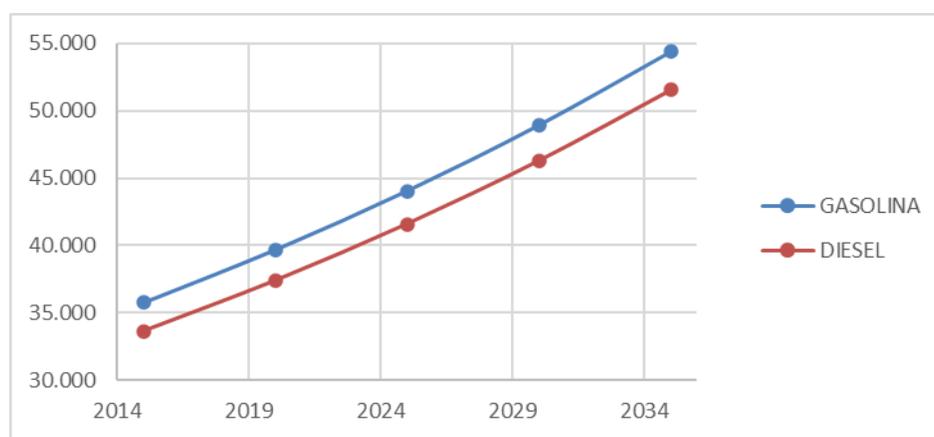
Nota: (Autores).

## Resultados Y Discusión

Elaboración de una propuesta para emisiones de GEI 's para el sector de transporte público-privado, al sustituir los vehículos por tecnología diésel en el DMQ.

En la figura 7, se observan dos líneas de distintos colores. La línea azul representa la suma de emisiones de GEI's entre transporte privado y transporte público-privado, estos últimos al contar con tecnología a gasolina hasta el final del estudio. Por otro lado, la línea roja representa la suma de emisiones de GEI's entre transporte privado y público-privado de la ciudad de Quito, estos últimos al contar con tecnología diésel desde el año 2015. En el eje de las "y", se representan las  $kt CO_{2eq}$ , y en el eje de las "x" los años.

**Figura 7.** Comparativa de Proyección de emisiones de GEIs vehículos privados con transporte público-privado a gasolina vs Diesel ( $kt CO_{2eq}$  )

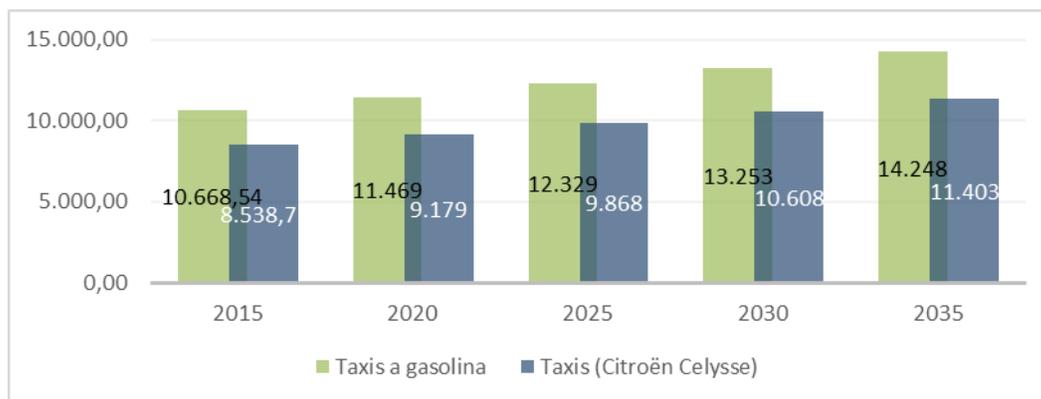


*Nota:* (Autores)

En la figura 8, se aprecia los resultados de las proyecciones comprendidas entre el periodo (2015-2035), asumiendo dos escenarios, uno sí la tecnología de los taxis no cambia en el periodo de estudio que está representado de color verde y otra sí desde el año base se cambiaría a todo el parque automotor a vehículos diésel, representado de color azul. Se observa que para el año 2035 hay un valor de 14.240  $ktCO_{2eq}$  con vehículos público-privado a gasolina y se reduce a 11.403  $ktCO_{2eq}$ , al sustituirlo por autos con tecnología a gasolina. Esto representa una reducción de 19,96% comparando sólo los taxis.

Elaboración de una propuesta para emisiones de GEI 's para el sector de transporte público-privado, al sustituir los vehículos por tecnología diésel en el DMQ.

**Figura 8.** Comparativa de proyección de emisiones de GEI's en vehículos público-privados con tecnología a gasolina vs tecnología diésel en ( $ktCO_{2eq}$ ).

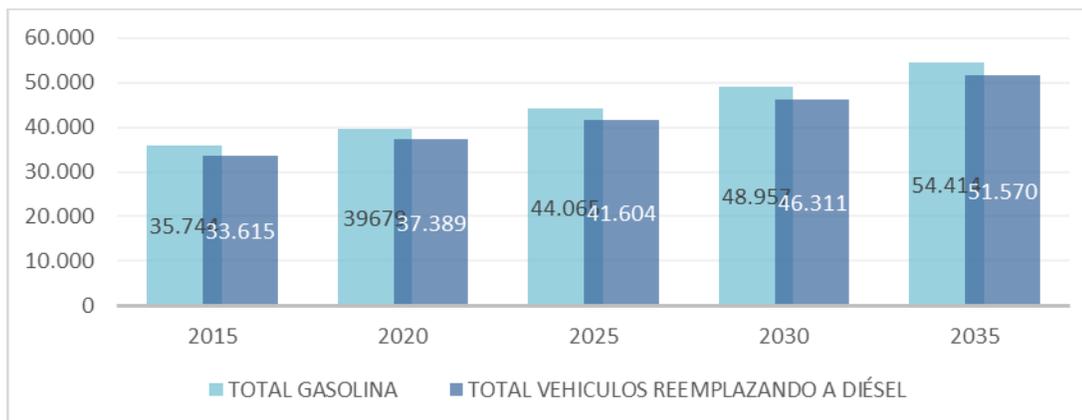


*Nota:* (Autores)

En la figura 9, se observa un total de las emisiones de GEI's, sumando los vehículos privados más los vehículos público-privados del DMQ. Aquí el porcentaje de reducción es de 5,23% para 2035 al cambiar de automóviles gasolina por diésel. Además, para el año 2015 hay un valor de 33.3615  $ktCO_{2eq}$ , con vehículos a diésel y que para el año 2035 incrementa a 51.770  $ktCO_{2eq}$ , esto representa una reducción cada 5 años del 1.31% de contaminación.

**Figura 9.** Comparativa de proyección de emisiones de GEI's, total de vehículos privados y taxis con tecnología a gasolina vs diésel en ( $ktCO_{2eq}$ ).

Elaboración de una propuesta para emisiones de GEI 's para el sector de transporte público-privado, al sustituir los vehículos por tecnología diésel en el DMQ.



Nota: Autores

En la tabla 11, se muestran los resultados porcentuales en relación al reemplazo de vehículos con tecnología a gasolina por tecnología diésel y cómo afecta al total de emisiones de GEIs en el transporte privado más el público-privado.

Tabla 12. Comparativa de datos cuantitativos y porcentuales en la reducción de emisiones de GEI's totales

	Emisiones de GEI's para 2015 en ktCO <sub>2eq</sub>	Reducción porcentual cada 5 años	Emisiones de GEI's para 2035 en ktCO <sub>2eq</sub>	Reducción porcentual total
Vehículos a gasolina	35.744	+1.05%	54.414	+5,23%
Vehículos a diésel	33.615	-1.05%	51.570	-5,23%

Nota: (Autores)

## Conclusiones

En el presente estudio se desarrolló una proyección de emisiones de GEI's comparando distintas tecnologías que fueron vehículos a gasolina vs diésel. El objetivo planteó responder a la hipótesis de si el cambio de una a otra tecnología afecta positiva o negativamente a la generación de emisiones de GEI's. La cuantificación de los resultados giró en torno al segmento de vehículos público-privados que circulan en la ciudad de Quito en el periodo comprendido entre 2015-2035. La altura

Elaboración de una propuesta para emisiones de GEI 's para el sector de transporte público-privado, al sustituir los vehículos por tecnología diésel en el DMQ.

---

es una de las variables tomadas a consideración para conseguir los resultados más cercanos posibles a nuestro medio.

En el procedimiento para la cuantificación de los GEI's, se sustentó en base al modelo IPCC 2006 relacionado al transporte, el IPCC es el regulador a nivel mundial para la cuantificación de los gases de efecto invernadero y el más utilizado. Durante el proceso se demuestra la reducción de las emisiones a 2035 de 14.248  $ktCO_{2eq}$  utilizando vehículos con tecnología gasolina a 11.403  $ktCO_{2eq}$  utilizando vehículos diésel, es decir 2.845  $ktCO_{2eq}$  menos. Esto representa un 19,96% de reducción.

Los vehículos diésel tienen un factor de contaminación más elevado que la gasolina, el Diesel es utilizado más en vehículos comerciales ya que son manejados para recorrer y sumar muchos kilómetros al año. Si los vehículos a diésel superan un promedio igual o superior a 30.000 km/año se deduce que el beneficio en reducción de emisiones contaminantes es favorable para esta tecnología, puesto que son hasta 15% más eficientes que los motores a gasolina, esto indica que recorren más kilómetros con menos combustible. Esto a la larga beneficia a los motores diésel y la reducción de GEI's en vehículos que superen los 30.000 km/año. Por estos motivos se llega a la conclusión de reemplazar la flota de taxis a diésel, ya que son vehículos que en promedio recorren 45.000 km/año. Como se muestran en las figuras y tablas presentadas anteriormente, el cambio de tecnología gasolina a diésel reduciría en un 5,23% al año 2035 si los taxis desde 2015 se reemplazarán en su totalidad por unidades con tecnología diésel. Esto equivale a una reducción de 1,05% cada 5 años. Así se aportaría en alcanzar los objetivos planteados para la reducción de estos gases y preservar el medio ambiente.

Durante el estudio se evidenció claramente que el motor diésel al ser utilizado en transporte comercial y con altos recorridos al año llega a reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, esto se fundamenta en los cálculos antes realizados. Una variable importante para el cálculo de las emisiones es la altura, ya que el tras realizar el estudio en Quito se está a 2800 msnm

Elaboración de una propuesta para emisiones de GEI 's para el sector de transporte público-privado, al sustituir los vehículos por tecnología diésel en el DMQ.

---

aproximadamente; los motores pierden un 4% de su eficiencia al pasar de 0 a 3000 msnm valor que se toma para multiplicarlo por el consumo promedio y generar resultados más reales a nuestro entorno.

## Referencias Bibliográficas

1. O'Driscoll, R., Stettler, M., Molden, N., Oxley, T., & ApSimon, H. (2017). Spiral. *Real world CO2 and NOx emissions from 149 Euro 5 and 6b diesel, gasoline and hybrid passenger cars*, 621, 282-290. <https://spiral.imperial.ac.uk/bitstream/10044/1/55296/2/Revised%20manuscript.pdf>
2. Vazquez Salazar, J. (Febrero de 2015). <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/7647/1/UPS-CT004530.pdf>
3. ACEA. (2013). WORLDWIDE FUEL CHARTER.
4. AMT. (2015). *Registro de la revisión vehicular*. Quito.
5. Arroyo, E., Cevallos Gonzalez, A., Imbaquingo Navarrete, R., & Melo Obando, J. (25 de Noviembre de 2019). *Scielo* . Retrieved 9 de Junio de 2022, from <http://www.scielo.org.co/pdf/inde/v38n1/2145-9371-inde-38-01-148.pdf>
6. *Banco de desarrollo de América Latina* . (s.f.). <https://scioteca.caf.com/bitstream/handle/123456789/1663/Huellas%20de%20Ciudades-Ciudad%20de%20Quito.pdf?sequence=43&isAllowed=y>
7. Barrera, J. (Octubre de 2018). *Repositorio UIDE*. <https://repositorio.uide.edu.ec/bitstream/37000/2794/1/T-UIDE-1987.pdf>.
8. Bosch, R. (2005). *Manual de la técnica del automovil*. Reverté.
9. Cadena, D., & Endara, M. (Enero de 2021). <file:///C:/Users/Xime/Downloads/CD%2011036.pdf>
10. Carrión, F. (2020). *ANÁLISIS ESTÁTICO Y DINÁMICO PARA UN CHASIS SHELL ECO-MARATHON*. Lima.

Elaboración de una propuesta para emisiones de GEI 's para el sector de transporte público-privado, al sustituir los vehículos por tecnología diésel en el DMQ.

---

11. CEPAL. (2010). *Notas de la CEPAL N°66*. Retrieved 25 de Mayo de 2022, from <https://www.eclac.cl/notas/66/index.html>
12. Chinchilima, P., & Rodríguez, H. (2019). *REDISEÑO DEL CHASIS Y LA CARROCERÍA DE UN PROTOTIPO PARA LA COMPETENCIA ECO SHELL MARATHON*. Riobamba.
13. Comision Europea. (2019). *Un Pacto Verde Europeo: Esforzándose por ser el primer continente climáticamente neutro*. Retrieved 1 de Abril de 2022, from [https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal\\_en](https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal_en)
14. CONSUVIAL. (2013).
15. EC Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. (2019). *Anuario de Estadísticas de Transporte 2018*. Instituto Nacional de Estadísticas y Censos.
16. Environmental proteccion uk. (2007). *Torfaen.gov.uk*. <https://www.torfaen.gov.uk/en/Related-Documents/Pollution-Control/PollutionControl-IdlingVehicles/Car-Pollution-Booklet.pdf>
17. Faires, V. M., & Max Simmang, C. (1983). *TERMODINAMICA*. Mexico: Hispano Americana.
18. FROHMANN, A., & OLMOS , X. (2013). *HUELLA DE CARBONO*. Cooperacion Española.
19. Frohmann, A., & Olmos, X. (Diciembre de 2013). *CEPAL org*. Retrieved Mayo de 2022, from <https://www.cepal.org/sites/default/files/publication/files/4101/S2013998rev1.pdf>
20. García, F. H. (Noviembre de 2018). *Repositorio Politecnica Nacional*. Retrieved 2022, from <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/19904/1/CD-9324.pdf>
21. Gershler, Stuttgart, Wolfgang, S., Max, B., Hellmut, G., Heinz, H., Siegfried, L., Wolfram, P., Harro, S., & Heinz, Z. (1985). *Tecnología del automovil Tomo 2*. Reverte SA.
22. Gestion Digital. (15 de Octubre de 2020). *revistagestion.ec*. <https://www.revistagestion.ec/sociedad-analisis/mientras-el-transporte-publico-sea-deficiente-el-parque-automotor-seguira#:~:text=EN%20QUITO%2C%20EL%20PARQUE%20AUTOMOTOR,en%20continuo%20proceso%20de%20saturaci%C3%B3n>.
23. Global Petrol Prices. (12 de septiembre de 2022). *GlobalPetrolPrices.com*. [https://es.globalpetrolprices.com/diesel\\_prices/](https://es.globalpetrolprices.com/diesel_prices/)

Elaboración de una propuesta para emisiones de GEI 's para el sector de transporte público-privado, al sustituir los vehículos por tecnología diésel en el DMQ.

---

24. GM. (1 de 12 de 2021). *GM Medios*.  
<https://media.gm.com/media/ec/es/chevrolet/home.detail.html/content/Pages/news/ec/es/2022/mar/0311-dmax.html#:~:text=Chevrolet%20D-Max%20we%20Consolida%20como%20el%20Veh%C3%ADculo%20m%C3%A1s%20Vendido%20del%20Ecuador,-2022-03-11&text=Con%20m%C3%A1s%20de%2>
25. Gómez Díaz, C., & Leon de la Garza, E. (s.f.). Método comparativo. *eprints.uanl.mx*, 229.  
<http://eprints.uanl.mx/9802/1/Estudio%20Comparado.pdf>
26. Guzman, L. (2013). *Dspace*. <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/2840/1/T-UCE-0011-25.pdf>
27. Halderman, J. D., & Linder, J. (2011). *Fuel and emissions control systems*.
28. Hyde. (2000). <https://petroglifosrevistacritica.org.ve/wp-content/uploads/2020/08/D-03-01-05.pdf>
29. IEA. (2011). *Emissions from Fuel Combustion*. París.
30. IEA. (Septiembre de 2012). *Technology Roadmap*. <https://www.iea.org/reports/technology-roadmap-fuel-economy-of-road-vehicles>
31. INEN. (2013).
32. INEN. (2016). *INEN 935*. [https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/NTE\\_INEN\\_935.pdf](https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/NTE_INEN_935.pdf)
33. INEN. (2016). *NTE INEN 935*.
34. INEN. (1 de Enero de 2017). *Servicio Ecuatoriano de Normalización*.  
[https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/nte\\_inen\\_2204-2.pdf](https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/nte_inen_2204-2.pdf)
35. INFOMIN. (2015). CALENTAMIENTO GLOBAL: UN NO, POR LA VIDA . *INFOMIN*, 7(1), 1.
36. Innova, M. (2014). NAMA sobre Movilidad Urbana en Quito.
37. INSST. (13 de Julio de 2013). *Insst.es*.  
<https://www.insst.es/documents/94886/175731/N%C3%BAmero+73+%28versi%C3%B3n+pdf%29.pdf>
38. IPCC. (2006). *2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories* -. Hayama: IGES.

Elaboración de una propuesta para emisiones de GEI 's para el sector de transporte público-privado, al sustituir los vehículos por tecnología diésel en el DMQ.

---

39. La puerta, A. A. (2004). Estudio del Efecto de la Altitud sobre el Comportamiento de Motores de Combustión Interna.
40. Lopez, L. H. (2006). *Predicción y optimización de emisores y consumo mediante redes neuronales en motores diesel*. Barcelona: Reverte S.A.
41. MARESA. (12 de 12 de 2020). *MARESA.COM*. [https://grupomavesa.com.ec/wp-content/uploads/2020/08/grupomavesa\\_livianos\\_citroen\\_C\\_Elysee.pdf](https://grupomavesa.com.ec/wp-content/uploads/2020/08/grupomavesa_livianos_citroen_C_Elysee.pdf)
42. MathPro. (24 de Octubre de 2011). Retrieved 24 de Octubre de 2022, from [https://theicct.org/sites/default/files/ICCT\\_RefiningTutorial\\_Spanish.pdf](https://theicct.org/sites/default/files/ICCT_RefiningTutorial_Spanish.pdf)
43. OECD/IEA. (2009). *Transport Energy and CO2*. IEA, Paris.
44. OLADE. (2017). *Manual de Estadísticas Energéticas de OLADE*.
45. OMS. (2021). Contaminación del aire ambiente. *WHO.INT*.
46. Organización Mundial de la Salud. (2006). *Guías de calidad del aire de la OMS relativas al material particulado, el ozono, el dióxido de nitrógeno y el dióxido de azufre*. Retrieved 5 de Marzo de 2015, from [http://whqlibdoc.who.int/hq/2006/WHO\\_SDE\\_PHE\\_OEH\\_06.02\\_spa.pdf](http://whqlibdoc.who.int/hq/2006/WHO_SDE_PHE_OEH_06.02_spa.pdf)
47. Ortiz Vallejo, M. A. (s.f.). Estudio Comparativo del Uso del Diesel Entre Europa y Ecuador, Utilizado para Motores de Vehículos. <https://repositorio.uide.edu.ec/bitstream/37000/610/1/T-UIDE-0560.pdf>
48. Ortiz, D. (Abril de 2016). *Repositorio PUCE*. <http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/11631/Trabajo%20de%20Titulaci%C3%B3n.pdf?sequence=1>
49. Ovando, R. (2010). *Los gases de efecto invernadero. En contaminación atmosférica por dióxido de carbono emitido por vehículos automotores en la ciudad de Torreón*. Coahuila-Mexico.
50. Payri, F., & Desantes, J. M. (2011). *Motores de combustión alternativa*. Reverte.
51. Pishue, B. (2020). *INRIX*. [https://news12.cv.net/data/news/images/storybuilder/ALL/story\\_41\\_820.pdf](https://news12.cv.net/data/news/images/storybuilder/ALL/story_41_820.pdf)

Elaboración de una propuesta para emisiones de GEI 's para el sector de transporte público-privado, al sustituir los vehículos por tecnología diésel en el DMQ.

---

52. Posso Espinosa, A. (2020). Emisiones de gases de efecto invernadero en las opciones dominantes de movilidad del Distrito Metropolitano de Quito. 65. <https://repositorio.uasb.edu.ec/bitstream/10644/7972/1/T3453-MCCNA-Posso-Emision.pdf>
53. Posso, A. (2020). *Repositorio UASB*. <https://repositorio.uasb.edu.ec/bitstream/10644/7972/1/T3453-MCCNA-Posso-Emision.pdf>
54. Programa de Naciones Unidas para el medio ambiente. (2007). Alianza para Vehículos y Combustibles más Limpios (PCFV). Quito. *Con el apoyo de la Union Europea y la Agencia de Estados Unidos para la Protección del Medioambiente*. Quito.
55. Querol, X., Alastuey, A., Moreno, T., Viana, M., Casanova, J., Perez, L., Sunyer, J., & Kunzli, N. (2016). *Calidad del aire urbano, salud y trafico rodado*. Fundacion Gas Natural.
56. Quito Alcaldía. (2015). *Quito ambiente*. [http://www.quitoambiente.gob.ec/images/Secretaria\\_Ambiente/Cambio\\_Climatico/plan\\_accion\\_climatico\\_quito\\_2020/Inventario%20Huella%20de%20Carbono%20del%20Distrito%20Metropolitano%20de%20Quito%20A%20C3%B1o%202015\\_Final1\(1\).pdf](http://www.quitoambiente.gob.ec/images/Secretaria_Ambiente/Cambio_Climatico/plan_accion_climatico_quito_2020/Inventario%20Huella%20de%20Carbono%20del%20Distrito%20Metropolitano%20de%20Quito%20A%20C3%B1o%202015_Final1(1).pdf)
57. Quito Informa. (21 de Marzo de 2022). *QuitoInforma.com*. Retrieved 11 de Julio de 2022, from <http://www.quitoinforma.gob.ec/2022/03/21/secretaria-de-movilidad-dialogo-abierto-y-continuo-con-taxistas/#:~:text=El%20parque%20automotor%20se%20estima,8%20a%2010%20mil%20informales%20%80%209D>.
58. Rivera, N., Chica, J., Zambrano, I., & García, C. (Agosto de 2017). *Scielo*. Retrieved 6 de junio de 2022, from [http://scielo.senescyt.gob.ec/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1390-01292017000300059&lng=es&tlng=es](http://scielo.senescyt.gob.ec/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1390-01292017000300059&lng=es&tlng=es)
59. Secretaria de movilidad. (30 de Octubre de 2014). *gobiernoabierto.quito.gob.ec*. <https://gobiernoabierto.quito.gob.ec/wp-content/uploads/documentos/pdf/diagnosticomovilidad.pdf>

Elaboración de una propuesta para emisiones de GEI 's para el sector de transporte público-privado, al sustituir los vehículos por tecnología diésel en el DMQ.

---

60. Secretaria de Movilidad-AMT. (2015). *gobiernoabierto.quito.gob.ec*.  
<https://www.aeropuertoquito.com/transparencia/anexos/planOrdenamientoTerritorial/files/assets/basic-html/page360.html>
61. Suárez, G., & López, T. (1995). *Contaminación y Medio Ambiente*. Ciudad de la Habana: Científico-Técnico.
62. Tecnología del Automovil. (18 de 10 de 2018). *Tecnología del automovil*. <https://www.tecnologia-automovil.com/articulos/nuevas-tecnologias/euro-1-a-euro-6/>
63. Tecnología del Automovil. (31 de 10 de 2018). *Tecnologia-automovil.com*. Retrieved 01 de 09 de 2022, from <https://www.tecnologia-automovil.com/articulos/nuevas-tecnologias/euro-1-a-euro-6/>
64. Timpaluisa, L., Ayabaca, C., Remache, A., & Reina, S. (Febrero de 2017). *Scielo*. Retrieved Junio de 2022, from <https://www.scielo.cl/pdf/infotec/v28n1/art02.pdf>
65. TUDelft. (Septiembre de 2017). *Air Pollution in Quito*.  
<https://sflambouris.weblog.tudelft.nl/2017/09/18/air-pollution-in-quito/>
66. UNFCC. (2007). Unidos por el clima. 26-43.
67. Valdivieso, S. (s.f.). *Repositorio UPS*. Retrieved 2022, from file:///C:/Users/Xime/Downloads/UPS-CT004457.pdf
68. Watts, N., Amann, M., Arnell, N., Ayeb-Karlsson, S., Belesova, K., Boykoff, M., Byass, P., Cai, W., Campbell-Lendrum, D., Capstick, S., Chambers, J., Dalin, C., Daly, M., Dasandi, N., Davies, M., Drummond, P., Dubrow, R., Ebi, K., & Eckelman, M. (2019). The 2019 report of The Lancet Countdown on health and climate change: Ensuring tat the healt of a child born today is not defined by a changing climate.

©2023 por los autores. Este artículo es de acceso abierto y distribuido según los términos y condiciones de la licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0) (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>).