ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y AMBIENTAL

ESTUDIO DE LAS EMISIONES VEHICULARES EN EL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO

ANÁLISIS ESTADÍSTICO SOBRE EL CRECIMIENTO Y CARACTERIZACIÓN TÉCNICO-AMBIENTAL DEL PARQUE VEHICULAR EN QUITO DESDE EL AÑO 2003 HASTA EL 2021

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR PRESENTADO COMO REQUISITO PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERA AMBIENTAL

AUTOR: DIANA ABIGAIL PINEDA HERRERA

diana.pineda@epn.edu.ec

DIRECTOR: CARLOS LUIS PÁEZ PÉREZ

carlos.paez@epn.edu.ec

DMQ, SEPTIEMBRE 2022

CERTIFICACIONES

YO, DIANA ABIGAIL PINEDA HERRERA declaro que el trabajo de integración curricular aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado en ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

DIANA ABIGAIL PINEDA HERRERA

Certifico que el presente trabajo de integración curricular fue desarrollado por DIANA ABIGAIL PINEDA HERRERA, bajo mi supervisión.

ING. CARLOS PÁEZ
DIRECTOR

Certificamos que revisamos el presente trabajo de integración curricular.

NOMBRE_REVISOR1	**NOMBRE_REVISOR2**
REVISOR1 DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR	**REVISOR2 DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

A través de la presente declaración, afirmamos que el trabajo de integración curricular aquí descrito, así como el (los) producto(s) resultante(s) del mismo, son públicos y estarán a disposición de la comunidad a través del repositorio institucional de la Escuela Politécnica Nacional; sin embargo, la titularidad de los derechos patrimoniales nos corresponde a los autores que hemos contribuido en el desarrollo del presente trabajo; observando para el efecto las disposiciones establecidas por el órgano competente en propiedad intelectual, la normativa interna y demás normas.

DIANA ABIGAIL PINEDA HERRERA

ING. CARLOS LUIS PÁEZ PÉREZ

DEDICATORIA

A mis padres, una parte fundamental en mi vida, mi soporte, mi guía y mi ejemplo a seguir para mi desarrollo personal y profesional, por su amor y apoyo incondicional.

A mi consentida Lulú por siempre alegrar mis días con sus locuras y compartir conmigo los mejores momentos.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por permitirme alcanzar una meta más y poder compartirla con mi familia.

A mis padres Sylvia y Carlos por su apoyo incondicional, amor y sacrificio en cada etapa y en todo momento, por guiarme con sabiduría a alcanzar mis sueños, a mi madre por ser mi ejemplo de dedicación y perseverancia.

A mi abuelita, mi pequeña Lulú por acompañarme cada noche y cuidar de mí.

A mi compañero de vida, Ronny por siempre estar presente y motivarme a superarme cada día, a creer en mí y a vencer las adversidades con entereza.

A mis amigos por hacer de esta etapa una de las más bonitas, llenas de risas y alegría.

ÍNDICE DE CONTENIDO

CERTIFICACIONES I
DECLARACIÓN DE AUTORÍA II
DEDICATORIA III
AGRADECIMIENTO IV
ÍNDICE DE CONTENIDO V
ÍNDICE DE TABLAS VIII
ÍNDICE DE FIGURAS X
ÍNDICE DE ECUACIONES XII
RESUMEN XIII
ABSTRACT XIV
1 INTRODUCCIÓN 1
1.1 Objetivo general 2
1.2 Objetivos específicos 2
1.3 Alcance 2
1.4 Marco teórico 3
1.4.1 La contaminación del aire en ciudades 3
1.4.1.1 Contaminación del aire en el DMQ por fuentes móviles 4
1.4.2 Emisiones vehiculares 5
1.4.2.1 Emisiones por el tubo de escape 8
1.4.2.2 Emisiones evaporativas 10
1.4.2.3 Emisiones por desgaste 10
1.4.3 Regulación internacional y nacional para emisiones vehiculares 10
1.4.4 Características técnicas ambientales de los MCI 11
1.4.4.1 Tipo de combustible 12
1.4.4.2 Uso del vehículo 13
1.4.4.3 Cilindrada 13

1.4.4.4 Sistemas de alimentación de aire 13
1.4.4.5 Sistemas de alimentación de combustible 14
1.4.4.6 Sistemas de control de emisiones 15
2 METODOLOGÍA 18
2.1 Área de estudio 18
2.2 Crecimiento del parque vehicular 19
2.2.1 Datos del INEC 19
2.2.1.1 Peso del parque vehicular del DMQ 20
2.2.1.2 Extrapolación de datos al DMQ 20
2.2.1.3 Crecimiento vehicular según el uso del vehículo 21
2.2.1.4 Crecimiento vehicular según la clase del vehículo 22
2.2.1.5 Crecimiento vehicular según el tipo de combustible 23
2.2.1.6 Tasa de crecimiento anual 23
2.2.2 Datos AEADE 24
2.2.2.1 Ventas anuales de vehículos nuevos 24
2.2.2.2 Participación de ventas por clase 24
2.2.2.3 Nuevas tecnologías 25
2.2.3 Datos AMT 25
2.2.3.1 Vehículos exonerados y venta de vehículos en Pichincha 26
2.2.3.2 Crecimiento vehicular según la clase de vehículo 27
2.3 Caracterización técnica ambiental 28
2.3.1 Año de fabricación 29
2.3.2 Tipo de vehículo 29
2.3.3 Clase de vehículo 29
2.3.4 Tipo de combustible 30
2.3.5 Marcas y modelos representativos 30
2.3.6 Vehículos que aprobaron la RTV 31
2.3.7 Reducción de la emisión de contaminantes 31
3 RESULTADOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 32
3.1 Resultados 32
3.1.1 Crecimiento del parque vehicular 32

3.1.1.1 Según el uso 34
3.1.1.2 Según el tipo de combustible 35
3.1.1.3 Nuevas tecnologías 36
3.1.1.4 Según la clase 37
3.1.1.5 Según las ventas anuales 40
3.1.2 Caracterización técnica ambiental 44
3.1.2.1 Año de fabricación 44
3.1.2.2 Tipo y clase de vehículos 45
3.1.2.3 Tipo de combustible 46
3.1.2.4 Marcas y modelos representativos 46
3.1.2.5 Otras características 48
3.1.2.6 Vehículos que aprobaron la RTV 49
3.1.2.7 Reducción de la emisión de contaminantes 53
3.2 Conclusiones 58
3.3 Recomendaciones 60
4 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 63
5 ANEXOS I
Anexo I. Solicitud de datos a la AMT I
Anexo II. Respuesta AMT III
Anexo III. Solicitud de datos reformulada VI
Anexo IV. Ejemplo de segunda entrega de datos AMT VII
Anexo V. Ejemplo de los primeros datos dispuestos por la AMT VIII
Anexo VI. Número de vehículos y porcentaje por modelo IX
Anexo VII. Datos de la medición de emisiones a 2500 rpm XIII

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.Contaminantes descritos en la NCAA 4

Tabla 2. Contaminantes emitidos por el tráfico vehicular 8

Tabla 3. Uso o servicio del vehículo 21

Tabla 4. Clases de vehículos 22

Tabla 5. Resultado de vehículos que han acudido a la RTV 26

Tabla 6. Clasificación de datos por clase 27

Tabla 7. Tipo y clase de vehículo según datos de la AMT 30

Tabla 8. Tasa de crecimiento del parque vehicular y peso del DMQ 33

Tabla 9. Promedio del crecimiento vehicular según el uso 35

Tabla 10. Tasa de ventas anuales 41

Tabla 11. Edad promedio del parque vehicular 45

Tabla 12. Tipo de vehículos en el DMQ 45

Tabla 13. Número de vehículos según el tipo de combustible 46

Tabla 14. Marcas representativas del DMQ 48

Tabla 15. Otras características de los modelos representativos del parque vehicular del DMQ 49

Tabla 16. Uso de vehículos de acuerdo con los modelos representativos 50

Tabla 17. Número y porcentaje de vehículos usados como taxis que aprueban en cada RTV 50

Tabla 18. Número y porcentaje de vehículos con otros usos que aprueban en cada RTV 52

Tabla 19. Promedio de los resultados máximos y mínimos de las emisiones contaminantes para taxis 54

Tabla 20. Promedio de los resultados máximos y mínimos de las emisiones contaminantes para vehículos de otros usos 55

Tabla 21. Reducción de emisiones de taxis por modelo y número de revisión 56

Tabla 22. Reducción de emisiones de vehículos, sin considerar taxis, por modelo y número de revisión 57

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ciclos operativos de los MCI 6

Figura 2. Tipos de emisiones vehiculares 7

Figura 3. Composición de los gases de escape de un motor a a) gasolina y b) diésel 12

Figura 4. a) Corte transversal de un convertidor catalítico y b) reacciones de oxidación y reducción 16

Figura 5. Ubicación del DMQ y límites cantonales 18

Figura 6. Clasificación vehicular según las características a analizar con los datos del INEC. 20

Figura 7. Límites máximos permitidos para fuentes móviles a gasolina en ralentí (prueba estática) 31

Figura 8. Crecimiento del parque vehicular del DMQ 32

Figura 9. Número de vehículos que han pasado la RTV en el DMQ 33

Figura 10. Número de vehículos condicionales y exonerados en el DMQ 34

Figura 11. Venta de vehículos en Pichincha vs vehículos exonerados en el DMQ 34

Figura 12. Porcentaje de vehículos en el DMQ según el uso 35

Figura 13. Número de vehículos en el DMQ según el tipo de combustible 36

Figura 14. Venta nacional de vehículos híbridos 37

Figura 15. Venta nacional de vehículos eléctricos 37

Figura 16. Crecimiento del parque vehicular del DMQ según la clase 38

Figura 17. Crecimiento porcentual del parque vehicular del DMQ según la clase 39

Figura 18. Crecimiento del parque vehicular de Pichincha según la clase 39

Figura 19. Crecimiento del parque vehicular del Ecuador según la clase 40

Figura 20. Ventas anuales de vehículos nuevos en Ecuador y Pichincha 41

Figura 21. Venta de vehículos nuevos según las provincias 42

Figura 22. Promedio de ventas período 2003-2021 por clase 42
Figura 23. Participación de ventas de vehículos por clase en Pichincha 43
Figura 24. Registro histórico del número de motos 44
Figura 25. Antigüedad de los vehículos en el DMQ para el 2019 44
Figura 26. Clase de vehículos en el DMQ para el 2019 46
Figura 27. Marcas representativas del parque vehicular del DMQ 47
Figura 28. Porcentaje de taxis que aprobaron la RTV según el número de revisión 51
Figura 29. Porcentaje de vehículos de otros usos que aprobaron la RTV según el número de revisión 53

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1. Peso del parque vehicular del DMQ 20

Ecuación 2. Número de vehículos en el DMQ según el uso 22

Ecuación 3. Tasa de crecimiento anual del parque vehicular 23

Ecuación 4. Peso de venta de vehículos nuevos de Pichincha..... 24

Ecuación 5. Edad media del parque vehicular 29

Ecuación 6. Porcentaje de aporte por clase..... 30

Ecuación 7. Reducción de la emisión de contaminantes 31

RESUMEN

La contaminación del aire en zonas urbanas proviene de las fuentes móviles, especialmente de las emisiones vehiculares, las cuales para el DMQ constituyen más del 70 % a causa de su crecimiento demográfico, el ordenamiento territorial y el modelo de desarrollo urbano, lo que influye en el uso de un mayor número de vehículos. Por ello, en el presente trabajo de integración curricular se analizó el crecimiento del parque vehicular del DMQ y contextualizó con el crecimiento vehicular de la provincia de Pichincha y a nivel nacional para el período 2003 – 2020, a la vez que se realizó la caracterización técnica ambiental para el 2019. Los resultados obtenidos muestran una tasa de crecimiento anual promedio vehicular de 6,75 %, donde el DMQ aporta en 24,9 % y 77,1 % del parque vehicular nacional y para la provincia de Pichincha. Los automóviles son la clase de vehículos que mayor crecimiento tienen en las tres escalas espaciales. El promedio histórico de aprobación de la RTV es de 86,2 %. De la caracterización se concluye que la edad promedio del parque vehicular es de 8,79 años con una presencia de más del 90 % de vehículos livianos, los cuales emplean gasolina, aportando a la emisión de CO, HC, NO_X y SO_2. Finalmente, la aplicación de la RTV muestra una reducción en la emisión de gases contaminantes, tomando en cuenta que los vehículos de uso intensivo asisten hasta siete veces a la revisión mientras que los de otros usos, un máximo de cuatro.

PALABRAS CLAVE: contaminación en ciudades, emisiones vehiculares, crecimiento vehicular, caracterización vehicular, revisión técnica vehicular, parque vehicular del DMQ.

ABSTRACT

Air pollution in urban areas comes from mobile sources, especially from vehicular emissions, which for the DMQ constitute more than 70 % due to a strong demographic growth, because of land use planning and the urban development model which influences the use of more vehicles. In consequence, in the present study the growth of the DMQ vehicle fleet was analyzed and contextualized with the vehicle growth in Pichincha province and Ecuador for the period 2003 - 2020, while the environmental technical characterization was carried out for 2019. The results show an average annual vehicular growth rate of 6,75 %. DMQ contributes in 24,9 % to the national vehicle fleet and 77,1 % to the Pichincha province. The vehicle class with the fastest growing is cars in the three spatial scales. The historical average of RTV approval is 86,2 %. The characterization shows that the average age of the vehicle fleet is 8,79 years with a presence of more than 90 % of light vehicles, which use gasoline, contributing to the emission of CO, HC, NO_X and SO_2. Finally, the application of the RTV indicates a reduction in the emission of pollutant gases, emphasizing that the intensive vehicles attend up to seven times to the revision while those of other uses, a maximum of four.

KEYWORDS: pollution in cities, vehicle emissions, vehicle growth, vehicle characterization, RTV, DMQ vehicle fleet.

1 INTRODUCCIÓN

Uno de los principales problemas de salud pública es la contaminación del aire. El 99 % de la población en todo el mundo inhala un aire que rebasa los valores límite recomendados por la “Organización Mundial de la Salud (OMS)”, donde los países de bajos y medianos ingresos poseen las exposiciones más altas, donde la salud de sus habitantes se pone en riesgo y causa alrededor de 7 millones de decesos anuales [1].

La principal consecuencia en la salud por la inhalación de gases y partículas contaminantes es que producen enfermedades respiratorias, pulmonares y cardiovasculares, por ejemplo, el asma, cáncer de pulmón y neumopatías crónicas y agudas [2], donde la población más vulnerable está conformada por niños y adultos mayores debido a su mayor susceptibilidad a los contaminantes [3]. En Ecuador, se tiene que la principal causa de defunción asociada a la contaminación del aire es la cardiopatía isquémica, la cual aumentó en un 39 % en el período de 2009 a 2019 [4] y para 2020 representó el 13,5 % del total de defunciones del país [5].

La exposición a un aire contaminado aumenta en las áreas urbanas debido a su densidad poblacional y la alta carga de emisiones, en particular las que provienen del tráfico vehicular [6], debido a la expansión urbana y un creciente mercado automovilístico que genera problemas de salud y movilidad humana. Según la “International Organization of Motor Vehicle Manufacturers” el aumento de la tasa de motorización promedio mundial en el 2015 para Centro y Sur América fue del 60 % en relación con el año 2005 [7].

En Ecuador, el crecimiento anual promedio del parque automotor es de 6,8 %, teniendo para el 2020 un total de 2,3 millones de vehículos matriculados a nivel nacional y una población de 17,5 millones de habitantes, ocupando en la región el quinto lugar como el país con mayor número de vehículos matriculados por cada mil habitantes con un valor de 135, y siendo Colombia el primero en la lista con un valor de 315. En el 2020 a nivel provincial, Guayas y Pichincha fueron las provincias con mayor cantidad de vehículos constituyendo el 21,7 % y el 20,1 % de vehículos del total nacional, respectivamente [8].

Para las grandes zonas urbanas, como es el caso del Distrito Metropolitano de Quito (DMQ), las fuentes móviles constituyen la principal fuente de emisión de contaminantes [9]. En este sentido, la presente investigación surge de la necesidad de realizar un análisis estadístico sobre el crecimiento del parque vehicular en el DMQ desde el año 2003 hasta el 2021 y caracterizarlo de forma técnica-ambiental, con el propósito de entender de mejor manera esta problemática y así facilitar la toma de decisiones, propiciar el establecimiento

de estrategias referentes al mejoramiento de la calidad del aire, tráfico vehicular, seguridad vial y transporte público en el área definida.

1.1 Objetivo general

Determinar la evolución del crecimiento del parque vehicular del Distrito Metropolitano de Quito desde el año 2003 hasta el 2021 y caracterizarlo en función de parámetros técnico-ambientales para el año 2019, empleando la base de datos administrada por la Agencia Metropolitana de Tránsito (AMT) de los vehículos que han pasado la revisión técnica vehicular (RTV) contrastada con bases de datos nacionales y para la provincia de Pichincha que sirvan como contextualización previa para estimar el impacto de las emisiones vehiculares sobre la calidad del aire del DMQ.

1.2 Objetivos específicos

1. Procesar en el software Excel la base de datos histórica de los vehículos que han pasado la Revisión Técnica Vehicular desde el 2003 hasta el 2021.
2. Contrastar la información de la AMT, AEADE e INEC para establecer el crecimiento histórico del parque vehicular del DMQ y compararlo a nivel nacional y con la provincia de Pichincha.
3. Definir los criterios de caracterización técnico-ambientales del parque vehicular del DMQ que influyen en la emisión de gases contaminantes.
4. Realizar un procesamiento estadístico de la información proporcionada por la RTV en base a los criterios técnico-ambientales propios del parque automotor del DMQ.
5. Determinar el tipo de vehículos que circulan en mayor medida en el DMQ.

1.3 Alcance

El presente trabajo de integración curricular busca evaluar el crecimiento del parque vehicular del DMQ empleando la información dispuesta por la AMT referente a los vehículos que han pasado la RTV en el período 2003-2021. Para contextualizar y comparar este crecimiento a nivel provincial y nacional se emplea la base de datos disponible en línea de la “Asociación de Empresas Automotrices del Ecuador (AEADE)” y el “Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC)” desde el 2003 hasta el año más reciente que se presente la información en ambas fuentes.

La AEADE cuenta con estadísticas del número de vehículos vendidos anualmente por clase y provincia, por lo que el análisis sigue esta línea. En cambio, el INEC presenta una base de datos nacional y provincial, dentro de la base de datos nacional se distingue el número de vehículos motorizados matriculados por clase, provincia, uso del vehículo y tipo de combustible.

Para la caracterización técnica-ambiental la única fuente de información disponible para realizar el análisis es la dispuesta por la AMT ya que al realizar la RTV se registran varias características que se emplean para el análisis, de las cuales se procesan las siguientes tipo y clase de vehículo, marca, modelo, año de fabricación, tipo de combustible y medición de hidróxido de carbono e hidrocarburos no combustionados. El análisis se realiza para el 2019, debido a que el 2021 representa un año de recuperación tras la emergencia sanitaria originada por la COVID-19 a partir de marzo del 2020.

1.4 Marco teórico

En esta sección se pone en contexto la contaminación del aire en ciudades y con un mayor nivel de detalle en el DMQ a causa de fuentes móviles y se definen las emisiones de origen vehicular. Se expone la normativa a nivel nacional e internacional referente al tema y se definen las características técnicas ambientales que precisan el desempeño ambiental de un vehículo.

1.4.1 La contaminación del aire en ciudades

La contaminación del aire según la “Norma Ecuatoriana de la Calidad del Aire Ambiente (NCAA)” se define como “la presencia de sustancias en la atmósfera, que resultan de actividades humanas o de procesos naturales, presentes en concentración suficiente, por un tiempo suficiente y bajo circunstancias tales que interfieren con el confort, la salud o el bienestar de los seres humanos o del ambiente” [10].

Las principales fuentes antropogénicas de emisión de contaminantes son la industria, la generación de energía, la agricultura, ganadería y el transporte motorizado [11]. En las ciudades, este problema se agudiza por el desarrollo urbano, las actividades que se realizan y el uso de los vehículos, de forma que el parque vehicular tiene una gran influencia en la contaminación. Por ejemplo, en Ecuador, para Quito, Cuenca y Guayaquil alrededor del 85 % de las emisiones son de origen vehicular [12].

Un contaminante según la NCAA se define como “cualquier sustancia o material emitido a la atmósfera, sea por actividad humana o procesos naturales, y que afecta adversamente al hombre o al ambiente” [10]. Como la definición resulta amplia, la misma Norma establece los contaminantes criterio, los cuales poseen un límite máximo permisible a nivel del suelo para no afectar a los receptores, y los contaminantes peligrosos o no convencionales, que representan una amenaza para el ser humano o el ambiente, en cualquier concentración, como se indica en la tabla 1.

Tabla 1.Contaminantes descritos en la NCAA

Contaminantes criterio	Contaminantes no convencionales
- Monóxido de carbono (CO) - Dióxido de azufre (SO_2) - Dióxido de nitrógeno (NO_2) - Ozono (O_3) - Material Particulado (PM_{10} y $PM_{2.5}$) - Partículas sedimentables	- Benceno (C_6H_6) - Cadmio (Cd) - Mercurio inorgánico (vapores) (Hg)

Fuente: [10]

1.4.1.1 Contaminación del aire en el DMQ por fuentes móviles

Las fuentes de contaminación antropogénicas pueden ser fijas o móviles, estas últimas constituyen más del 70 % de la emisión de contaminantes en el DMQ [13]. Esto por un marcado crecimiento demográfico, por el ordenamiento territorial y el modelo de desarrollo urbano, lo que influye en el uso de un mayor número de vehículos, incremento del número de viajes, la distancia recorrida y el tiempo en las vías, lo que indica además la deficiencia del sistema de transporte público.

En el último inventario de emisiones atmosféricas del DMQ publicado, correspondiente al año 2011, se tiene que las fuentes móviles (tráfico vehicular y aéreo) aportan significativamente en la contaminación al aire, generando el 98,5 % de CO, 24,5 % de SO_2, 69,2 % de NO_X, 33,2 % de PM_{10}, 62,2 % de $PM_{2.5}$ (donde el 53,6 % de $PM_{2.5}$ corresponde a los vehículos a diésel) y 31,1 % de compuestos orgánicos volátiles diferentes del metano (COVNM), de las emisiones totales. Mientras que, las fuentes móviles a gasolina y diésel generan el 69,5 % de las emisiones de CO_2 [9].

En el DMQ los vehículos a gasolina son los que contribuyen en mayor medida a la contaminación, por su mayor generación de los contaminantes mencionados. En el 2019 representaron el 86,1 % del parque automotor y aportaron en un 89 % a la generación de CO, 86 % de SO_2, y 73 % de COV [14]. Esta contaminación es palpable por la ciudadanía, ya que, a pesar de desconocer la concentración de los contaminantes, a través de encuestas la señalan como el principal problema ambiental del DMQ [13].

En el “Plan Nacional de la Calidad del Aire” se distinguen distintas estrategias a implementar para reducir la emisión de contaminantes y mejorar la calidad del aire: “sistemas de transporte masivos, siembra de árboles nativos, control de fuentes fijas de combustión, restauración de áreas erosionadas, campañas de difusión ciudadana,

implementación de la Red Metropolitana de Monitoreo Atmosférico y la revisión técnica vehicular" [12], además de la existencia de la Norma de inmisión para asegurar un aire limpio.

La RTV constituye un mecanismo de verificación obligatorio a nivel nacional implementado en el DMQ desde el 2003 por parte de la CORPAIRE, ahora a cargo de la Secretaría de Movilidad que "mediante un conjunto de procedimientos técnicos normalizados determina el cumplimiento de la normativa, condiciones mínimas de seguridad y cuidado ambiental de cada vehículo motorizado del Distrito Metropolitano de Quito" [15]. Estos procedimientos se realizan en unidades técnicas debidamente equipadas conocidas como "Centros de Revisión Técnica Vehicular (CRTV)". Esta inspección es de carácter anual para vehículos particulares y bianual para vehículos públicos (buses intracantonales, interprovinciales, intrarregionales, interprovinciales e internacionales) y de uso intensivo (los que recorren más de 30 000 km al año) [16].

El proceso de revisión técnica vehicular incluye el análisis de distintos parámetros como la legalidad del vehículo, inspección visual, mecatrónica y de seguridad, y el control de contaminación, donde se realiza el control de emisiones para vehículos a gasolina y de opacidad para vehículos a diésel, y ruido. Para que la RVT sea aprobada, se deben cumplir todos los parámetros mencionados.

Es así como la RTV, la modernización del parque vehicular, la mejora de los combustibles y la medida de restricción vehicular "Pico y Placa" han contribuido a la disminución de emisiones de CO, SO_2 y NO_X en el período 2007-2011 [9]. Sin embargo, estas medidas resultan cada vez menos confiables ya que podrían verse afectadas por el crecimiento del parque vehicular, como se muestra en la actualización del inventario de emisiones atmosféricas para el 2019, donde se registra un aumento de la cantidad de todos los contaminantes debidos a las fuentes móviles, excepto el SO_2 y los COV's [14].

1.4.2 Emisiones vehiculares

Para entender el impacto ambiental y a nivel de salud de las emisiones de origen vehicular, se detalla el funcionamiento de un vehículo motorizado, el cual se basa en un motor de combustión interna (MCI). Los MCI o motores de explosión se describen como "una máquina que obtiene energía mecánica directamente de la energía química de un combustible que se quema dentro de una cámara de combustión" [17]. Para realizar esta transformación energética el MCI está compuesto por cilindros, pistones, inyectores de combustible y bujías.

Para que el proceso de combustión ocurra se necesita el combustible (compuesto por carbono e hidrógeno) y el comburente (oxígeno presente en el aire). De forma que, al reaccionar los componentes del combustible con el oxígeno del aire, se liberan los contaminantes por el tubo de escape. La eficiencia de la combustión, la cantidad de contaminantes emitidos y la velocidad de la combustión dependen de la calidad del combustible y la relación correcta de aire/combustible [18]. La combustión puede ser:

- *Completa:* el combustible al reaccionar con el aire se quema completamente a causa de un exceso de oxígeno en la mezcla. Se aprovecha toda la energía del combustible. Se libera CO_2 y H_2O.
- *Incompleta:* parte del combustible (HC) no reacciona con el oxígeno, siendo parte de los productos de la combustión. No se aprovecha toda la energía del combustible debido a que la mezcla no posee suficiente oxígeno. Se libera CO, CO_2, H_2O y HC.

Los MCI pueden ser de gasolina (motores de combustión interna por encendido a chispa) o de diésel (motores de encendido por compresión). Los ciclos operativos de los motores de combustión interna incluyen las fases de admisión, compresión, expansión y escape (Figura 1). En un motor de gasolina los ciclos operativos se conocen como ciclo Otto o ciclo de cuatro tiempos y en los de diésel, ciclo diésel o de cuatro tiempos. Estas fases varían levemente de acuerdo con el combustible empleado y se explican a continuación.

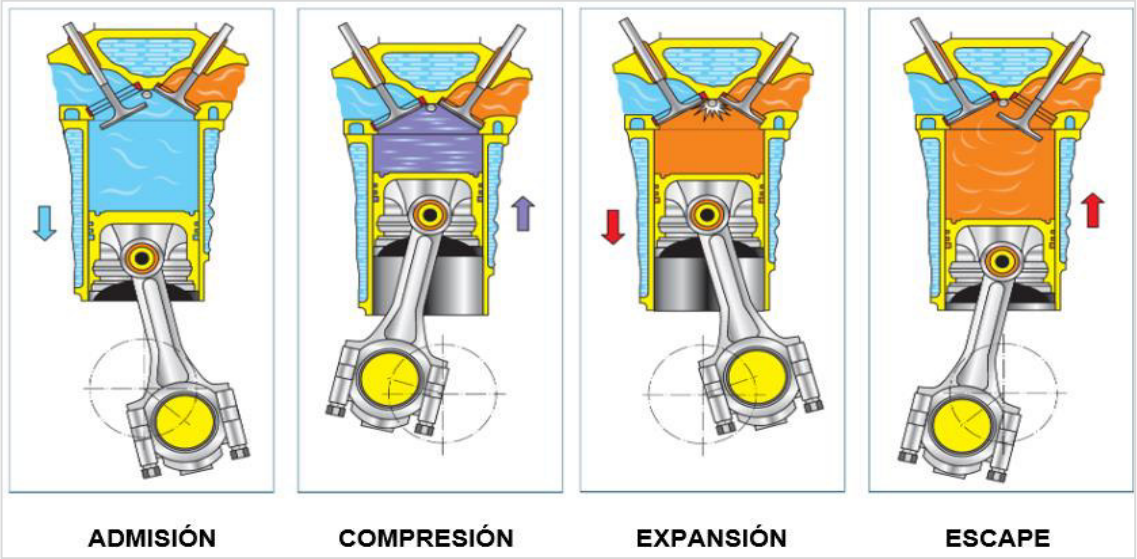


Figura 1. Ciclos operativos de los MCI

Fuente: [19]

En la admisión la válvula de entrada está abierta y la de escape, cerrada. El pistón está en el punto muerto superior (PMS) a punto de descender hasta el punto muerto inferior (PMI)

por lo que permite el ingreso de la mezcla gaseosa de aire y combustible a una presión constante en motores de gasolina y únicamente aire filtrado en motores de diésel.

En la compresión las válvulas de admisión y escape están cerradas, el pistón comprime la mezcla (en un motor de gasolina) o el aire (en motor de diésel) en la cámara de combustión llevando el pistón desde el PMI hasta el PMS.

En un motor de gasolina la expansión o explosión se origina cuando los electrodos de la bujía producen una chispa que genera la combustión de la mezcla al estar totalmente comprimida, la expansión de los gases producidos hace que el pistón baje hasta el PMI. En cambio, en un motor de diésel cuando el pistón llega al PMS, el combustible pulverizado entra por un conducto del inyector a una presión y temperatura elevadas, lo que provoca que el diésel se auto encienda.

Finalmente, en el escape la válvula de admisión permanece cerrado mientras que la de escape se abre en el momento en el pistón llega al PMI y se liberan los gases, el pistón continúa con su desplazamiento hasta expulsar los gases quemados y se inicia el ciclo nuevamente.

Cabe recalcar que además de la emisión de los contaminantes por el tubo de escape producto de la combustión, también se generan emisiones evaporativas y por desgaste (Tabla 2 y figura 2).

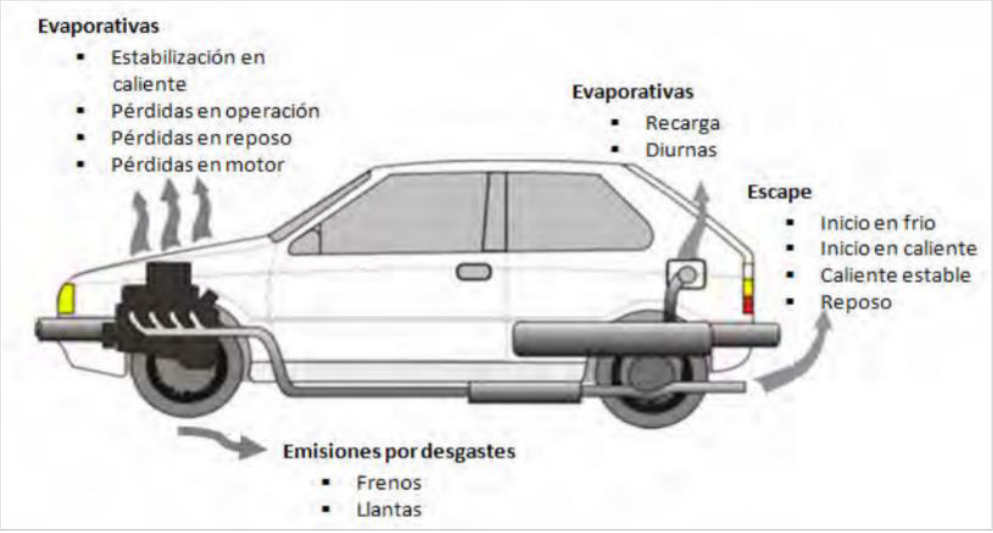


Figura 2. Tipos de emisiones vehiculares

Fuente: [20]

Tabla 2. Contaminantes emitidos por el tráfico vehicular

Tipo de emisión	Contaminantes emitidos
Por el tubo de escape	Gases de escape: - Contaminantes: Hidrocarburos (HC), CO, PM, NO_X, SO_2 y plomo (Pb) (en caso de gasolina con plomo). - No contaminantes: N_2, O_2, H_2O y CO_2
Por desgaste	PM_{10}, $PM_{2.5}$
Evaporativas	HC

Fuente: [21]

1.4.2.1 Emisiones por el tubo de escape

Las emisiones del tubo de escape son causadas por el proceso no ideal de la combustión del combustible descrito anteriormente. Los gases de escape emitidos (Tabla 2) dependen de "las características del vehículo, su tecnología, el sistema de control de emisiones incorporado, el mantenimiento del vehículo, las características del combustible, la velocidad de circulación y la frecuencia e intensidad de las aceleraciones" [21].

Los gases contaminantes que caracterizan a los motores de gasolina son los CO, HC, NO_X. Mientras que en los motores de diésel predominan los NO_X y el PM [22], las partículas incluyen al hollín y a las impurezas del combustible, las cuales se emiten por la combustión por difusión [23]. A continuación, se describen los gases de escape, comenzando por aquellos que no se consideran contaminantes del aire local:

- *Nitrógeno:* gas incoloro, inodoro, no combustible e inerte. Conforma el 78 % del aire. La mayor parte del nitrógeno que es aspirado por el motor sale como gas de escape. Una pequeña parte forma óxidos de nitrógeno al estar expuesto a presiones y temperaturas altas a causa de la combustión.
- *Oxígeno:* gas incoloro, inodoro e insípido. Conforma el 21 % del aire y es imprescindible para la combustión.
- *Vapor de agua:* es un producto inofensivo del proceso de combustión, se condensa al enfriarse, puede reaccionar con otros compuestos para formar ácidos, como el ácido sulfúrico, por ejemplo.
- *Dióxido de carbono:* gas inodoro, incoloro e insípido. Si bien no es nocivo para la salud, es un gas de efecto invernadero.
- *Monóxido de carbono:* es un gas incoloro, inodoro, explosivo y altamente tóxico, "el 0,3 % de CO en el aire puede ocasionar la muerte en treinta minutos" [18]. Es producido por la combustión incompleta. En el aire se oxida rápidamente a CO_2. Produce asfixia

porque impide a los glóbulos rojos absorber el oxígeno, por ello, se recomienda mantener una adecuada ventilación donde haya vehículos en marcha. Para evitar su formación, se debe mejorar el proceso de combustión.

- *Hidrocarburos:* se manifiestan en una gran variedad de compuestos orgánicos. Corresponden a los componentes no quemados del combustible, es decir, provienen de una combustión incompleta por exceso de gasolina en la mezcla aire/combustible o por bajas velocidades de inflamación [17]. Son de color azulado y poseen olor penetrante. Irritan los órganos sensoriales y algunos son cancerígenos (benceno). Si la mezcla es rica, se produce CO y HC en mayor cantidad, mientras que las emisiones de NO_X se reducen. En cambio, si la mezcla es pobre se reduce la emisión de CO y HC, y aumenta la de NO_X [18].
- *Óxidos de nitrógeno*: constituye el conjunto de NO y NO_2. El NO es un gas incoloro e inodoro. A altas temperaturas y presiones, y en presencia de oxígeno reaccionan formando NO_2, el cual es un gas con olor penetrante que produce irritación del aparato respiratorio. Es precursor de la formación de ozono. Mientras más perfecta es la combustión en el motor, la temperatura y presión de la cámara de combustión aumentan, produciendo una mayor cantidad de NO_X [24]. Se producen en mayor medida en los motores de diésel a causa de las temperaturas altas y aire en exceso.
- *Dióxido de azufre:* gas incoloro con olor penetrante, no es combustible. Causa irritación de las vías respiratorias. Se genera en pequeñas cantidades en los gases de escape. Se producen a causa del contenido de azufre en el combustible y la forma de reducirlo es disminuyendo el contenido de azufre en el combustible. Produce smog, lluvia ácida y es precursor de los aerosoles secundarios que forman parte del $PM_{2.5}$.
- *Plomo:* metal pesado muy contaminante que se ha reducido de los gases de escape al no emplear gasolina con plomo, ya que se empleaba como antidetonante. Si se emplea gasolina con plomo en vehículos con catalizador, aceleraría su deterioro [17]. Es venenoso, ataca al sistema nervioso.
- *Material particulado:* se forman por la combustión incompleta. Están compuestas por carbón e hidrocarburos. En motores de gasolina se emiten pocas partículas. En los motores de diésel son partículas de cenizas y hollín, tienen gran importancia ya que se pueden acumular y producir obstrucción en los conductos de escape, catalizador, silenciadores, entre otros [17]. Pueden taponar las vías respiratorias y las más pequeñas ($PM_{2.5}$) pueden llegar hasta los alvéolos pulmonares.

1.4.2.2 Emisiones evaporativas

Se constituyen por vapores de hidrocarburos los cuales se volatilizan por las condiciones de presión, altitud y temperatura ambiental. Las emisiones pueden provenir de [20]:

- *Emisiones evaporativas con el motor caliente:* ocurre cuando luego de apagarse el motor, el calor residual de este hace que se volatilice el combustible en el sistema de alimentación.
- *Emisiones evaporativas de operación:* ocurren mientras el motor está en funcionamiento y pueden ser fugas en estado líquido o de vapor.
- *Emisiones evaporativas durante la recarga del combustible:* la fuga del combustible en forma de vapor del tanque de combustible ocurre durante su recarga en las estaciones de servicio. En los inventarios de emisiones se consideran fuentes de área.
- *Emisiones evaporativas diurnas:* la volatilización se da en el tanque del combustible a causa del aumento de la temperatura ambiente.
- *Emisiones evaporativas en reposo:* con el motor en frío se produce la fuga del combustible en los conductos o por la permeabilidad de los componentes del sistema de combustible.

Actualmente, con las tecnologías implementadas en el control de emisiones se ha reducido la emisión de los gases de escape, sin embargo, las emisiones evaporativas llegan a ser iguales o mayores a las del tubo de escape, por lo que su control debe fortalecerse considerando que los HC contribuyen a la contaminación fotoquímica [25].

1.4.2.3 Emisiones por desgaste

Las emisiones por desgaste se originan por procesos de fricción asociados con el uso del vehículo, generando material particulado a causa del desgaste de frenos, neumáticos, de la superficie de la carretera y por la suspensión de polvo o partículas del pavimento [20]. Estas toman importancia ya que contribuyen a la emisión de partículas finas y gruesas y pueden llegar a superar a las emisiones por el tubo de escape [26].

1.4.3 Regulación internacional y nacional para emisiones vehiculares

A nivel global, la Unión Europea y los Estados Unidos se destacan por su normativa estricta en emisiones vehiculares y calidad de los combustibles mediante las normas Euro y EPA, respectivamente, de las cuales muchos países toman como referencia para establecer su propia normativa. Ambas normas limitan las cantidades máximas de emisiones que puede generar un vehículo en gramos por kilómetro para el caso de las euro y en gramos por milla para las EPA, los contaminantes regulados son el CO, HC, NO_X, CO_2 y micropartículas (MPC) [20], además establecen el contenido de azufre en el combustible que actualmente

con la norma Euro 6 es de 10 ppm y con la EPA 17 es de 15 ppm. La aplicación de la normativa afecta principalmente a los fabricantes, ya que deben cumplir con las exigencias en la producción de vehículos que emitan menos contaminantes.

En Ecuador, se emplean las normas técnicas donde para los vehículos de gasolina se rigen por las normas NTE INEN: 2203:2000 y 2204:2017, y los de diésel mediante las NTE INEN 2202:2013 y 2207:2002. Los valores límite de la emisión de gases contaminantes se encuentran en NTE INEN 2204:2017 y la 2207:2002, para el caso de motores a gasolina y diésel, respectivamente.

“La prueba dinámica es la medición de las emisiones que se realiza con el vehículo sobre un dinamómetro, aplicando los ciclos de prueba descritos en la norma NTE INEN 2207” [27], los cuales tratan de simular las condiciones reales de operación. La prueba estática o más conocida como a marcha mínima o ralentí es aquella que “durante el funcionamiento del vehículo en condición de marcha mínima y a temperatura normal de operación, no debe emitir al aire CO y HC en cantidades superiores a las señaladas en la norma” [28]. La prueba que se realiza en el país es la estática o de bajas revoluciones, es decir, no se emplea un dinamómetro. Las revoluciones se especifican por el fabricante y de no ser así, según la norma, se establece un máximo de 1100 rpm [28].

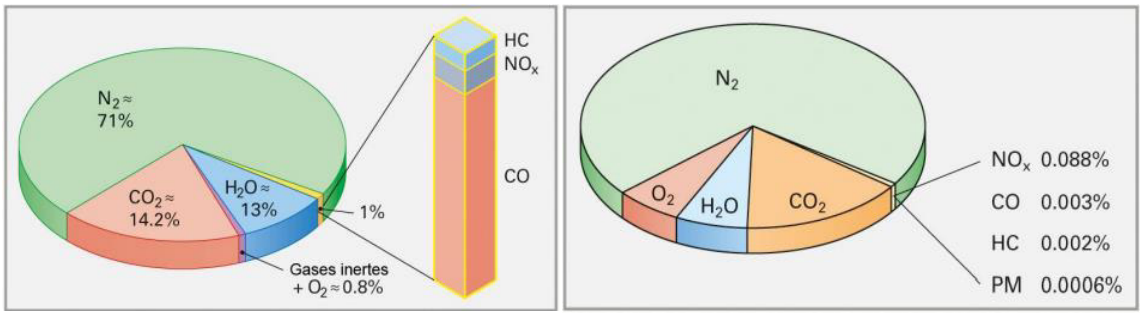
Los contaminantes analizados en la NTE INEN 2204 son el CO, HC, NO_X e hidrocarburos diferentes del metano (NMHC) en pruebas dinámicas y únicamente CO y HC en pruebas estáticas, mientras que en la NTE INEN 2207, además de los contaminantes mencionados, menos el NMHC, se añade a las pruebas dinámicas, el material particulado a causa de las impurezas del combustible, y la medición de la opacidad mediante la prueba estática de aceleración libre, procedimiento que se describe en la NTE INEN 2202:2013. Además, desde el 2017 se adoptó en Ecuador las normas Euro 3 para vehículos a gasolina y diésel, presentando claramente un retraso importante frente al mercado mundial que se rige con la Euro 6.

1.4.4 Características técnicas ambientales de los MCI

Así como el tipo de combustión incide en la emisión de gases contaminantes, también existen otras características del vehículo que afectan al desempeño ambiental del mismo, las cuales sirven para caracterizar el parque vehicular del DMQ y se describen a continuación, aunque se evalúa su análisis según la información dispuesta por la AMT.

1.4.4.1 Tipo de combustible

Los combustibles que se emplean en Ecuador son la gasolina y diésel, ambos con un contenido de azufre mayor a 200 ppm [29]. Los gases contaminantes que se emiten en mayor medida según el combustible empleado se describen en la Figura 3.



a) b)

Figura 3. Composición de los gases de escape de un motor a a) gasolina y b) diésel
Fuente: [30]

La gasolina constituye una mezcla de hidrocarburos e impurezas, como el azufre y el nitrógeno, además contiene hidrógeno y carbono. Es muy inflamable y volátil, a 25°C a presión atmosférica entra en ebullición [17]. En los MCI por encendido a chispa se emplea como combustible. La gasolina que se comercializa en Ecuador es de 3 tipos: extra y ecopaís de 85 octanos y súper de 92 octanos.

La calidad de la gasolina mejora mientras mayor sea el octanaje, el cual se define como la capacidad antidetonante de la gasolina cuando es comprimida dentro del motor. Entonces, un auto alcanza su mayor eficiencia cuando emplea una gasolina con alto octanaje porque no afecta al desempeño del vehículo, los fabricantes recomiendan una gasolina con un mínimo de 93 octanos [31]. El contenido de azufre en la gasolina también es un problema para el funcionamiento óptimo del motor. En la norma ecuatoriana NTE INEN 935 referente a los requisitos de la gasolina, se establece que el contenido de azufre debe ser menor o igual a 650 ppm para gasolina de 85 octanos y 450 ppm para la de 92 octanos.

Por otro lado, el Diésel Premium o Diésel No. 2 es el combustible que emplean los MCI de encendido por compresión. Según la NTE INEN 1489 referente a los requisitos de este combustible, la cantidad máxima de azufre presente en el diésel empleado en el sector automotriz es de 450 ppm.

En promedio en el 2021, EP Petroecuador comercializó gasolina extra y ecopaís con contenido de azufre de 235 ppm y 175 ppm, respectivamente, y gasolina súper de 161 ppm, mientras que el promedio en el diésel fue de 61 ppm, contenido mucho menor al

registrado en la norma [32]. Valores que resultan altos, en comparación con el límite dispuesto por las normas Euro y EPA.

Las tecnologías que se han implementado para mejorar el desempeño del vehículo y disminuir las emisiones, no funcionan adecuadamente con un alto contenido de azufre en los combustibles, porque se producen daños en los motores y otros componentes del vehículo [31].

Además, en el mercado se ofertan nuevas tecnologías como son los vehículos híbridos y eléctricos. Los vehículos híbridos corresponden a los motores que combinan un motor eléctrico con uno de combustión con el propósito de reducir al mínimo las emisiones contaminantes y el consumo del combustible, no necesitan recargarse por red eléctrica. En cambio, los vehículos eléctricos basan su funcionamiento en un motor que convierte la energía eléctrica en potencia para mover al vehículo. Son menos contaminantes en las emisiones por el tubo de escape que los que emplean diésel o gasolina [33].

1.4.4.2 Uso del vehículo

La emisión de gases contaminantes está ligada al uso del vehículo, de manera que los de uso intensivo al recorrer un mayor número de kilómetros al día, emplearan una mayor cantidad de combustible y generaran una mayor emisión en relación con los vehículos de otros usos.

1.4.4.3 Cilindrada

La cilindrada total de un motor constituye el volumen total de los cilindros de un motor. Por lo que, el número de cilindros presentes en el vehículo inciden en la cantidad de gases contaminantes emitidos por el tubo de escape, ya que se aumenta la cilindrada, ingresando una mayor cantidad de combustible y generando más potencia [19].

1.4.4.4 Sistemas de alimentación de aire

Según un estudio realizado en el 2020 de una muestra de 350 vehículos de diésel del parque automotor del DMQ, se emplean los sistemas de alimentación de aire de turbo e intercooler en un 79,15 % y turbocompresor en 20,85 % [34], es decir, trabajan con aire en exceso, el cual aumenta la presión, mejora la combustión, aumenta la potencia y el rendimiento y disminuye la contaminación y el consumo de combustible [19]. Los sistemas mencionados se describen describe a continuación.

Los turbocompresores o turbo son accionados por los gases de escape y comprimen el aire atmosférico que entra al sistema de admisión de aire [17]. De esta forma incrementan

la potencia del motor ya que facilitan la llenada del cilindro en la admisión y se ubican en el sistema de escape del motor.

Los sistemas de intercambiador de calor o intercooler sirven para enfriar el aire, ya que cuando se comprime aumenta su temperatura y disminuye la potencia, y para aumentar la masa que ingresará a los cilindros para una mejor combustión. La ventaja de emplear el intercooler es que disminuyen el consumo de combustible y las emisiones contaminantes [24].

Los vehículos a gasolina basan su sistema de alimentación de aire en la aspiración natural o atmosférica, donde la cantidad de aire que ingresa al cilindro depende de la cilindrada y la presión atmosférica, mientras mayor presión exista mayor aire ingresa. La presión en el colector de admisión es igual a la presión atmosférica. Cuando se tiene una mayor altitud, la presión atmosférica disminuye, reduciendo la cantidad de oxígeno presente en el aire lo que hace que el motor pierda potencia y se reduzca la eficiencia de la combustión.

1.4.4.5 Sistemas de alimentación de combustible

El sistema de alimentación de combustible es el encargado de proporcionar al motor, la dosis correcta de gasolina para un proceso de combustión óptimo, en donde se puede obtener una mezcla:

- *Estequiométrica o teórica* ($\lambda = 1$)*:* es una mezcla perfecta, 14,7 kg de aire por kg de gasolina. Se libera CO_2 y H_2O.
- *Con exceso de aire o mezcla pobre* ($\lambda > 1$)*:* constituye una combustión completa, donde hay más aire del necesario, es decir, muy poco combustible.
- *Con defecto de aire o mezcla rica* ($\lambda < 1$)*:* constituye una combustión incompleta, donde hay más combustible del necesario, es decir, muy poco aire. Se genera más CO y menos CO_2 y NO_X en el gas de escape.

En los motores de gasolina, inicialmente se emplearon los carburadores sin circuito eléctrico alguno, los cuales poseen poca precisión en la dosificación del combustible, lo que produce un bajo rendimiento de los motores por el gran consumo de gasolina, además de una mayor cantidad de emisión de gases de escape. Por ello, se propicia la creación de sistemas de inyección, los cuales mejoran: la pulverización del combustible, el control en la dosificación e inyección de la gasolina, la combustión, el rendimiento del motor, el arranque del motor y reducen la contaminación y el mantenimiento del vehículo [17].

Los sistemas pueden ser mono punto y multipunto, el primero emplea un único inyector de gasolina en el colector de admisión y el segundo, un único inyector por cada cilindro y

pueden ubicarse en el colector de admisión o en la cámara de combustión. El sistema multipunto controla y mejora la dosificación del combustible por lo que reduce el consumo del mismo y por ende, la cantidad de emisiones de gases contaminantes [24].

En un motor de diésel, estos sistemas además de proporcionar una correcta dosificación, reducen la emisión de partículas en el escape, el consumo de combustible y su funcionamiento es con poco ruido [22]. En el DMQ, se destaca el empleo de los sistemas de inyector unitario o inyector bomba (20,85 %) y el de C*ommon rail* (79,15 %), según la muestra de los 350 vehículos mencionada.

El sistema inyector bomba emplea un control electrónico de la presión de inyección con válvulas selenoide que se encargan de suministrar la presión y el combustible necesario a los inyectores asignados a cada cilindro del motor. Se caracteriza por proporcionar una presión de alrededor 2050 bar para la inyección del combustible, de forma que se alcanza una mejor combustión y por consiguiente un mejor rendimiento del motor [35].

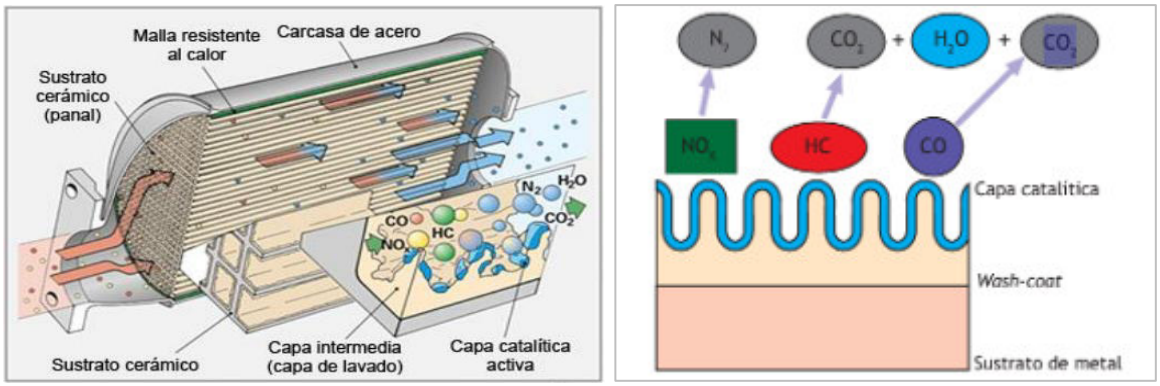
El sistema *Common rail* consiste en un sistema electrónico de inyección directa que a través de una bomba de inyección mecánica proporciona presión a los inyectores, consiguiendo “mejor rendimiento del motor, menor consumo de combustible reduce la emisión de ruidos y de gases contaminantes” [36].

1.4.4.6 Sistemas de control de emisiones

Los sistemas de control de emisiones son instalados en los vehículos para reducir la emisión de contaminantes al medio ambiente [18]. Los vehículos de gasolina emplean catalizadores y/o sondas lambda, sistema de recirculación de los gases de escape y cánister (para emisiones evaporativas), mientras que en los de diésel, se destacan el filtro de partículas (11,71 %), catalizador de oxidación (47,71 %) y el sistema de recirculación de gases de escape (40,57 %), los porcentajes señalados en paréntesis representan el empleo de estos sistemas en el DMQ de la muestra de los 350 vehículos a diésel mencionados [34].

El catalizador o convertidor catalítico es un dispositivo ubicado después de la cámara de combustión, se encarga del tratamiento de los gases de escape del motor mediante reacciones químicas previo a su liberación a la atmósfera (Figura 4), su temperatura óptima de funcionamiento es entre los 300 y 800 °C [24]. El platino y paladio se emplean para la oxidación y el rodio para la reducción [18].

Los catalizadores pueden ser dos y tres vías, los primeros transforman los HC y CO por oxidación en vapor de agua y CO_2, no reducen óxidos de nitrógeno. Los de 3 vías eliminan CO, HC y NO_X a través de reacciones químicas de oxidación y reducción [24].



a) b)

Figura 4. a) Corte transversal de un convertidor catalítico y b) reacciones de oxidación y reducción

Fuente: [30], [24]

La sonda lambda o sensor de oxígeno cuantifica el oxígeno presente en los gases de escape. Se le asocia el factor lambda, el cual relaciona la cantidad de aire y gasolina en un determinado momento, con la cantidad estequiométrica de la mezcla e informa si la mezcla es rica, pobre o estequiométrica a la unidad de control electrónica (UCE) para su ajuste a una mezcla lo más estequiométrica posible, logrando que el catalizador pueda funcionar correctamente y produzca una combustión adecuada, reduciendo el consumo de gasolina y la emisión de contaminantes [17].

El sistema de recirculación de los gases de escape (EGR) se encarga del transporte de los gases de escape del colector de escape al colector de admisión, por lo cual se disminuye la cantidad de oxígeno alimentado lo que produce el descenso de la temperatura y presión de combustión, por lo tanto, la formación de NO_X y SO_X se reduce, a la vez que permite la combustión de los HC recirculados [24]. Este sistema alcanza a reducir hasta el 50 % de los contaminantes mencionados [18].

El reciclado de vapores del depósito de combustible o cánister y es un dispositivo en forma de recipiente que contiene carbón activo, encargado de la absorción de vapores generados en el depósito de combustible o en el carburador (a causa de la volatilización de la gasolina ya que mientras mayor es la temperatura, más se volatiliza), para posteriormente depositarlos en el sistema de alimentación [18].

El sistema de filtro de partículas diésel o DPF se emplea para retener partículas de hollín provenientes del gas de escape para posteriormente incinerarlas, para lo cual se necesita una temperatura de 650°C. Es importante enfatizar que este sistema funciona únicamente para trayectos largos, ya que, en cortos, los gases de escape no adquieren temperaturas elevadas y las partículas no pueden ser oxidadas [22].

Los catalizadores de oxidación para vehículos diésel o también llamados DOC, funcionan con aire en exceso y oxidan los HC y CO a vapor de agua y CO_2, al reaccionar químicamente con el platino y otros metales preciosos que se encuentran dentro del catalizador. No funcionan para reducir los NO_X [24].

2 METODOLOGÍA

2.1 Área de estudio

El Distrito Metropolitano de Quito se encuentra ubicado al norte de Ecuador, en la provincia de Pichincha, la cual se clasifica en 8 cantones: DMQ, Pedro Moncayo, Cayambe, Mejía, Rumiñahui, San Miguel de los Bancos, Pedro Vicente Maldonado y Puerto Quito (Figura 5). Se divide en 9 administraciones zonales (Calderón, Eloy Alfaro, Eugenio Espejo, Los Chillos, La Delicia, Manuela Sáenz, Quitumbe, Tumbaco y La Mariscal) las cuales a su vez cuentan con 32 parroquias urbanas (pertenecientes a la ciudad de Quito) y 33 parroquias rurales [37].

Se caracteriza por ser un territorio con diversos tipos de clima y relieve a causa de su ubicación en la Cordillera de los Andes. El gradiente altitudinal varía entre los 500 a 4 780 msnm, Quito se extiende sobre los 2 850 msnm, y posee una temperatura media anual de 15°C. El clima varía de acuerdo con los pisos climáticos presentes originados por el gradiente altitudinal, teniendo así un clima templado en los valles interandinos, zonas húmedas en las estribaciones de la Cordillera de los Andes y climas de alta montaña en altitudes mayores a los 3000 msnm [38].

El DMQ tiene un área de 4 183 km^2 y abarca cerca del 44,6 % de la superficie de la provincia de Pichincha [37]. Actualmente, cuenta con una población de 2'239.191 habitantes, donde si se mantienen las tendencias históricas de crecimiento, para el 2040 se espera una población de alrededor 3.44 millones de habitantes. Para el 2020, cerca del 72 % de la población se estableció en parroquias urbanas y el 28 % en rurales [39].

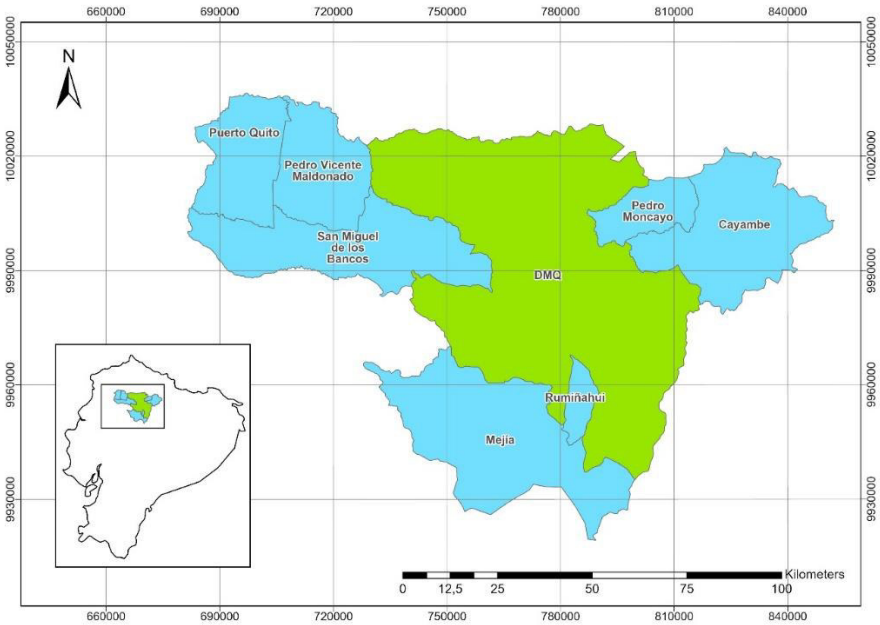


Figura 5. Ubicación del DMQ y límites cantonales

Para el cumplimiento de los objetivos del presente estudio es necesario un procesamiento independiente para el análisis del crecimiento del parque vehicular del DMQ en el período 2003 -2021 y su caracterización para el año 2019, como se indica a continuación.

2.2 Crecimiento del parque vehicular

Para evaluar el crecimiento del parque vehicular en el DMQ se analiza y sintetiza la base de datos disponible en línea, de tres fuentes de información: INEC, AEADE y AMT, empleando el software Excel para su procesamiento y obtención de resultados.

2.2.1 Datos del INEC

La base de datos del INEC que se encuentra disponible en línea de forma gratuita en su página principal y abarca el período 1998 - 2020. Para el presente análisis se emplea únicamente la información desde el año 2003. La fuente de información referente al parque vehicular es dispuesta por la Agencia Nacional de Tránsito (ANT). La información disponible presenta el número de vehículos motorizados matriculados a escala nacional y provincial, según la marca y modelo, el uso y clase del vehículo, el tipo de combustible empleado y capacidad de pasajeros y de carga.

Se evalúa la disponibilidad de la información para todo el período de estudio y se seleccionan las características presentes en todos los años, de forma que se analiza el crecimiento del parque vehicular según el uso y clase del vehículo y el tipo de combustible empleado (Figura 6). Por lo tanto, se tiene un panorama de análisis más amplio para evaluar el comportamiento del crecimiento del parque vehicular del DMQ, con referencia a la provincia de Pichincha y a escala nacional.

Como la información de interés está disponible en formato Excel y ya se encuentra clasificada, únicamente se ordena la información de manera espacial y temporal para su presentación en forma gráfica y para el mejor entendimiento de los resultados.

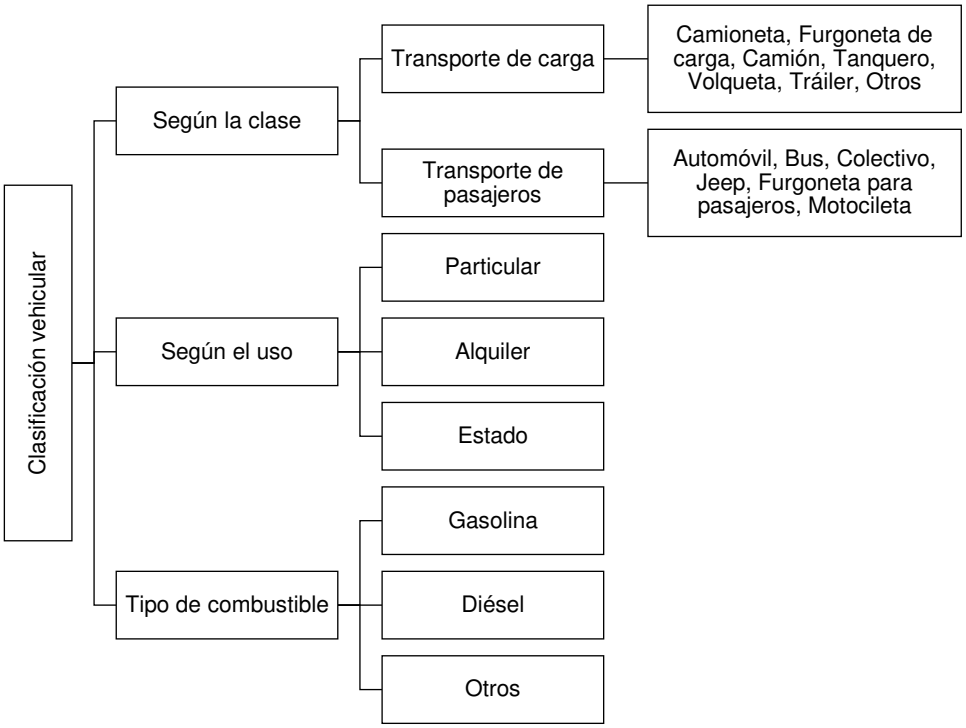


Figura 6. Clasificación vehicular según las características a analizar con los datos del INEC.

2.2.1.1 Peso del parque vehicular del DMQ

Para determinar el peso del parque vehicular del DMQ (PVQ) a escala nacional y provincial es necesario emplear la información dispuesta por la AMT del número de vehículos motorizados matriculados en el DMQ y se aplica la siguiente ecuación:

$$PVQ = \frac{Número\ de\ vehículos\ matriculados\ en\ en\ DMQ}{Número\ de\ vehículos\ matriculados\ totales}\ x\ 100\ \%$$

Ecuación 1. Peso del parque vehicular del DMQ

En el número de vehículos matriculados totales se usa la información nacional y de la provincia de Pichincha, para apreciar el aporte del DMQ en ambas escalas.

2.2.1.2 Extrapolación de datos al DMQ

Para extrapolar la información referente al crecimiento vehicular en el DMQ con las características mencionadas (uso y clase del vehículo y combustible empleado), se emplea el dato del porcentaje en peso de aportación del número de vehículos en el DMQ referente a escala nacional, debido a que en escala provincial se presenta una inconsistencia durante el período 2008-2013 relativo al número de vehículos matriculados, siendo este valor menor al presentado por el DMQ con los datos de la RTV. Lo que puede ocurrir a causa de una falta de comunicación interinstitucional y contrastación de resultados. De forma que,

se aplica el porcentaje de cada año de la relación nacional-local para obtener la información requerida para el distrito en los campos descritos.

La extrapolación se realiza debido a que a pesar de que se realizó una solicitud de datos a la AMT referente a las características de los vehículos que han pasado la RTV durante el período de análisis, esta resultó ser muy extensa, por lo que la base de datos no pudo ser entregada y se reformuló el período para el 2018 – 2019, datos que si fueron dispuestos, aunque de forma incompleta.

2.2.1.3 Crecimiento vehicular según el uso del vehículo

El uso es el servicio que se le da al vehículo y queda registrado al realizar el proceso de matriculación, los servicios pueden ser público, particular, alquiler, estado, municipio, gobiernos seccionales y otros. Dentro de la última clasificación se incluyen todos aquellos vehículos de los cuales no se obtuvo la información necesaria para clasificarlos dentro de las categorías mencionadas.

Para sintetizar la información se clasifican los datos nacionales y provinciales, únicamente para la provincia de Pichincha, en 4 categorías: particular, alquiler, estado y otros. En la categoría de estado se incluyen los vehículos de uso municipal y de gobiernos seccionales.

Tabla 3. Uso o servicio del vehículo

Uso del vehículo	Descripción
Particular	Son aquellos que se emplean para el transporte de pasajeros o de bienes y su uso es de carácter privado de sus propietarios.
Alquiler	Son los vehículos de servicio público. Se incluyen los buses urbanos, interprovinciales, intercantonales, taxis, camionetas y camiones de alquiler.
Estado	Son vehículos destinados al servicio de organismos públicos autónomos.
Otros	Vehículos que no cuentan con la información necesaria para ser clasificados en las demás categorías.

Fuente: [40]

Para realizar la extrapolación para el DMQ se usa la ecuación 2 y se obtiene la cantidad de vehículos según el uso en el cantón.

$$UQ = VNTU\ x\ PVQ$$

Ecuación 2. Número de vehículos en el DMQ según el uso

Donde,

UQ = número de vehículos en el DMQ según el uso

VNTU = número de vehículos totales nacionales según el uso

PVQ = peso del parque vehicular del DMQ

2.2.1.4 Crecimiento vehicular según la clase del vehículo

La clase del vehículo permite diferenciar vehículos de transporte de pasajeros y de carga, pueden ser: automóvil, SUV bus, colectivo, jeep, furgoneta de pasajeros (furgoneta p), furgoneta de carga (furgoneta c), motocicleta, camioneta, camión, tanquero, volqueta, tráiler y otra clase.

Tabla 4. Clases de vehículos

Clase del vehículo	Descripción
Automóvil	Vehículo liviano que transporta hasta 6 personas.
SUV	"Sport Utility Vehicle o Vehículo Deportivo Utilitario que por su configuración (altura libre del piso, ángulos de ataque, ventral y de salida) generalmente puede ser utilizado en carreteras en mal estado o fuera de ellas". *
Bus	Vehículo pesado con 6 llantas y una capacidad mayor a 30 asientos, su carrocería puede ser metálica o de madera.
Colectivo	Vehículo semipesado con 4 o 6 llantas y una capacidad menor o igual a 30 asientos, su carrocería puede ser metálica o de madera.
Jeep	Vehículo liviano con capacidad menor o igual a 12 asientos, posee carrocería con diseño especial.
Furgoneta de pasajeros	Tiene un número de plazas de hasta 18.
Furgoneta de carga	No tiene ventanas ni asientos en la parte posterior.
Motocicleta	Vehículo de motor sin estabilidad propia, con 2 ruedas y capacidad de hasta 2 asientos.
Camioneta	Vehículo a motor encargado del transporte de carga, con capacidad menor o igual a 3500 kg.
Camión	Vehículo a motor encargado del transporte de carga, con capacidad mayor a 3500 kg.

Tanquero	Automotor que sirve para transportar mercancías líquidas con carrocería cerrada.
Volqueta	vehículo a motor de cajón basculante que transporta materiales de construcción.
Tráiler	Remolque de un camión, generalmente posee grandes dimensiones.
Otra clase	Aquellos vehículos que por sus características no entran en las clases definidas anteriormente.

Fuente: [41], [42]*

Para este análisis la información para Ecuador y Pichincha se encuentra disponible en los Anuarios Estadísticos de Transporte del INEC, entonces únicamente se ordenan los datos de forma temporal y espacial. En este caso no se realiza una extrapolación de datos al DMQ debido a que se emplearan los datos de la AMT.

2.2.1.5 Crecimiento vehicular según el tipo de combustible

Para evaluar el crecimiento del parque vehicular según el tipo de combustible empleado, la base de datos considera a la gasolina, el diésel, el gas licuado de petróleo (GLP), vehículos híbridos y eléctricos. Para el análisis se clasifica en gasolina, diésel y otros, incorporando en la última categoría a los vehículos híbridos, eléctricos y los que emplean GLP. Cabe mencionar que esta clasificación se inicia desde el año 2007.

2.2.1.6 Tasa de crecimiento anual

Para calcular la tasa de crecimiento anual, en las tres escalas espaciales (nacional, provincial y local), se emplea la fórmula estadística que se describe a continuación:

$$Tasa\ de\ crecimiento = \frac{Valor\ final - valor\ incial}{Valor\ inicial} x\ 100\ \%$$

Ecuación 3. Tasa de crecimiento anual del parque vehicular

Donde,
Valor final = número de vehículos del año de análisis
Valor inicial= número de vehículos del año anterior al de análisis

Se obtiene la tasa de crecimiento anual para el período 2003-2020 a escala nacional y provincial mientras que, para Quito se obtiene desde el 2004 en adelante. Esto ocurre porque se tiene la disponibilidad de datos del INEC del año 2002, y los datos dispuestos por la AMT son a partir del 2003. Adicionalmente, se calcula la tasa promedio, sacando el

promedio de la tasa de crecimiento anual para el período mencionado. Se exceptúa el año 2020 debido a la suspensión de la RTV en ese año.

2.2.2 Datos AEADE

Los datos disponibles de libre acceso por parte de la AEADE se presentan en forma de anuarios desde el 2008 hasta el 2022, sin embargo, se emplea la información hasta el 2021 que es el objetivo de estudio. Se muestran datos nacionales y provinciales a cerca del número de vehículos vendidos por año, indicando las marcas más vendidas. Se toma en cuenta la clasificación por clase: automóvil, SUV, camioneta, camión, bus y van (furgoneta) y motos.

Los datos de la AEADE no se los puede extrapolar para el caso del DMQ debido a que no se dispone de información acerca de los vehículos nuevos vendidos en la ciudad. Por lo que, las escalas nacional y provincial dan una idea de lo que sucede a escala local.

2.2.2.1 Ventas anuales de vehículos nuevos

Los datos históricos de las ventas anuales de vehículos nuevos se encuentran en el Anuario 2021 y muestran el período 2000 – 2021. La información se analiza desde el año 2003 a escala nacional y provincial. Adicionalmente, se calcula el peso de la provincia de Pichincha en la venta de vehículos nuevos a escala nacional (ecuación 4) y la tasa de ventas anuales aplicando la ecuación 9.

$$\%Peso\ Pichincha = \frac{VVN}{VVP} x\ 100\ \%$$

Ecuación 4. Peso de venta de vehículos nuevos de Pichincha

Donde,

% Peso Pichincha = Peso de venta de vehículos nuevos de Pichincha en relación con Ecuador.

VVN = ventas anuales de vehículos nuevos a escala Nacional

VVP = ventas anuales de vehículos nuevos en Pichincha

2.2.2.2 Participación de ventas por clase

Los datos de las ventas anuales de vehículos nuevos por clase se analizan durante el período 2003 – 2021 tanto a nivel nacional como para la provincia de Pichincha. Para realizar el análisis se sacan los porcentajes de participación de las ventas por clase y por año. A su vez, se calcula el promedio de las ventas por clase. El registro de ventas anuales

de motos inicia desde el año 2011. Las ventas de vehículos clasificadas por provincias se detallan desde el año 2007.

2.2.2.3 Nuevas tecnologías

Dentro de las nuevas tecnologías se destacan los vehículos híbridos y eléctricos. Los registros de venta de vehículos híbridos inician en el 2007 y la de eléctricos en el 2015, a nivel nacional y provincial. La información se encuentra disponible en los anuarios. Al realizar una revisión de la información para generar resultados históricos, se encontró con ciertas inconsistencias, ya que a medida que se retrocedía en el tiempo al revisar los anuarios, el número de vehículos cambiaba. Es por ello, que se realiza el análisis desde el año 2015 para vehículos híbridos y desde el 2016 para eléctricos, ya que en estos períodos no se determinó inconsistencia alguna.

2.2.3 Datos AMT

Inicialmente, se solicitó la base de datos de los vehículos que han pasado la RTV durante el período 2003 – 2021 referente a: número de placa, marca, modelo, año de fabricación, tipo de vehículo, subtipo de vehículo, clase del vehículo, subclase del vehículo, kilometraje, tipo de combustible, uso del vehículo, organización (cooperativa o compañía) a la que pertenece, en caso de taxis, transporte público, etc, servicio prestado, cilindraje/potencia, capacidad de carga, número de ejes, tipo de transmisión, sistema de alimentación de combustible, sistema de alimentación de aire, sistema de control de emisiones, clase de transporte, tipo de transporte, ámbito de operación y emisiones según tipo de combustible (Anexo I).

Además, los resultados anuales obtenidos del número de vehículos que han pasado la RTV durante el período de estudio (2003-2021) en todos los Centros de Revisión Técnica Vehicular pertenecientes a la Agencia Metropolitana de Tránsito del DMQ, con el número de revisiones. Información que serviría para el desarrollo de todos los componentes (A, B y C) del presente trabajo de integración curricular.

La respuesta obtenida por parte de la AMT fue que la base de datos solicitada es muy extensa (Anexo II), por lo que se requiere replantear el período, por ello se realizó una nueva solicitud con los mismos parámetros para los años 2018 – 2019 (Anexo II), información proporcionada de manera incompleta (Anexo IV). Mientras que, los resultados anuales obtenidos del número de vehículos que han pasado la RTV durante el período de estudio fueron entregados en formato Excel destacando el número y porcentaje de vehículos aprobados, condicionales y exonerados por año (Anexo V).

El resultado de la RTV se obtiene una vez concluido el proceso y calificados y generados los defectos, es así como se determina el estado de la revisión y se imprimen los documentos. Para que el resultado de aprobación, condicional o rechazo se tiene la información de: "identificación del vehículo, líneas de inspección, código del defecto, valor medida, calificación y posición del defecto encontrado, los cuales se registran en una aplicación que califica y compara los datos con valores umbrales para defectos no visuales y con un sistema de valoración de defectos visuales" [15].

Tabla 5. Resultado de vehículos que han acudido a la RTV

Vehículos	Descripción
Aprobados	Vehículos que no presentan defecto alguno o que su conjunto tiene una calificación menor al límite de no aprobado.
Condicionales	Vehículos que presentan una calificación mayor al límite de no aprobado. El vehículo debe acercarse a un CRTV en un período de 30 días, una vez reparados los defectos que lo hicieron reprobar.
Exonerados	Vehículos nuevos, clásicos o de competencia que vayan a circular dentro del DMQ. No debe presentarse a la RTV, pero sí debe solicitar el certificado de exoneración para la matriculación del vehículo. Su período de vigencia es anual.
Rechazados	Vehículo que ha obtenido como resultado "condicional" en las cuatro revisiones permitidas, deduciendo que los defectos contenidos no pueden ser reparados y, por ende, su circulación representa un peligro y debe ser retirado.

Fuente: [15]

2.2.3.1 Vehículos exonerados y venta de vehículos en Pichincha

Como se menciona en la Tabla 5, los vehículos exonerados pueden ser nuevos, clásicos o de competencia. Para el caso de Quito, a pesar de que no se tiene un registro por parte del INEC o la AEADE acerca de la venta de vehículos nuevos por ciudades, se puede establecer una relación al comparar el número de vehículos vendidos en Pichincha, con los exonerados en Quito. El resultado se presenta de manera gráfica para su mejor entendimiento.

2.2.3.2 Crecimiento vehicular según la clase de vehículo

Para determinar el crecimiento del parque vehicular según la clase, a escala nacional, provincial y local se emplea la base de datos del INEC y la AMT. Como la información no se encuentra uniformizada se la clasifica de acuerdo a sus características, por clase y se obtiene la siguiente agrupación, donde la clasificación "General" es la que se emplea para el análisis.

Tabla 6. Clasificación de datos por clase

Clasificación	General	INEC	AMT
Transporte de pasajeros	Automóvil	Automóvil	Livianos regulares Livianos intensivos Taxis EMSAT Taxis
	Bus	Bus Colectivo	Bus Interparroquial Bus interprovincial Bus Intercantonal Bus Urbano Bus otros Bus articulado Bus Turismo
	Motocicleta	Motocicleta	Motocicleta
	Otra clase (P)	Jeep Furgoneta P SUV	Escolares
Transporte de carga	Carga	Camión Camioneta Furgoneta C Tanquero Tráiler Volqueta	Carga
	Otra clase (C)	Otra clase	No aplica

El análisis que se empleó para realizar la clasificación se basó en principio en determinar qué vehículos corresponden al transporte de pasajeros y de carga, para posteriormente clasificarlos en grupos que mantengan características similares.

Para el transporte de pasajeros para la clase “automóvil”, los datos del INEC muestran el número de vehículos clasificados de esta forma, en cambio en los datos de la AMT se incluyen a los vehículos livianos regulares, livianos intensivos, taxis y taxis EMSAT. Donde los livianos intensivos corresponden a aquellos vehículos con un kilometraje anual mayor a 30 000 km o que prestan servicio de transporte público o comercial y los taxis EMSAT son aquellos que se encuentran legalmente registrados en la “Empresa Metropolitana de Servicios y Administración del Transporte – EMSAT”.

En otra clase (P) se agrupan jeep, furgoneta de pasajeros y SUV ya que los datos de la AMT no cuentan con estas clasificaciones. Se añade a los vehículos escolares de la AMT, ya que no se encontró detalle alguno a cerca de que vehículos contemplan esta clase.

Para el transporte de carga la agrupación fue mucho más sencilla debido a que los datos de la AMT no detallaban como los del INEC, entonces el camión, camioneta, furgoneta de carga, tanquero, tráiler y volqueta serían de “carga”. En otra clase (C), únicamente se tiene para los datos del INEC, los cuales estaban catalogados como otra clase en su base de datos. Una vez obtenida la clasificación, se procesa la base de datos para obtener la información requerida. Cabe mencionar que los datos del número de vehículos por clase de la AMT son los totales, es decir, incluyen los aprobados, condicionales y exonerados.

Adicionalmente, se calcula el crecimiento porcentual para el DMQ según la clase del vehículo, empleando la ecuación 9, donde el valor final corresponde al número de vehículos de cada clase en el 2021 y el valor inicial al número de vehículos de cada clase en el 2003.

2.3 Caracterización técnica ambiental

La única fuente de información disponible para realizar la caracterización técnica ambiental es la que posee la AMT ya que al realizar la RTV se registran varias características que se emplean para el análisis como tipo y clase de vehículo, año de fabricación, servicio prestado, número de cilindros, tipo de combustible, tipo de transmisión, sistema de alimentación de combustible, aire y control de emisiones. En un inicio, la información requerida para el desarrollo de este apartado se solicitó con otros parámetros que se mencionan en la sección 2.2.3 y debido a su gran extensión se reformuló el período para el 2018-2019 por pedido de la AMT. El análisis se realiza para el 2019, debido a que el 2021 representa un año de recuperación tras la emergencia sanitaria causada por la COVID-19 a partir de marzo del 2020.

Una vez analizada la información dispuesta por la AMT para el período reformulado, se determina que está incompleta, por lo que el análisis se lo desarrollará conforme a la

información dispuesta: marca y modelo, año de fabricación, tipo y clase de vehículo, tipo de combustible empleado y medición de monóxido de carbono e hidrocarburos no combustionados.

Cabe mencionar que cuando se proporcionó la base de datos de los resultados anuales obtenidos del número de vehículos que han pasado la RTV durante el período de estudio (2003-2021) en todos los Centros de Revisión Técnica Vehicular pertenecientes a la Agencia Metropolitana de Tránsito del DMQ, con el número de revisiones, para el 2019 se tiene un total de 471 493 vehículos, mientras que en la información dispuesta posteriormente con las características mencionadas, se tienen 362 247 vehículos motorizados (incluido motos). Entonces, los resultados que se muestran de la caracterización son referentes a este número de vehículos motorizados analizados.

2.3.1 Año de fabricación

Con el año de fabricación de los vehículos motorizados se procede a calcular la edad media del parque automotor del DMQ, empleando la ecuación 5. La información abarca un período de 79 años, desde 1942 a 2020, a causa de que en el año 2019 se vendieron vehículos de modelo 2020.

$$\bar{X} = \frac{\sum x * f}{n}$$

Ecuación 5. Edad media del parque vehicular

Donde,

$\bar{X}$= edad media del parque automotor del DMQ, años
x = edad del parque automotor del DMQ, años. Se calcula restando el año de fabricación del año de análisis, es decir, del 2019.
f = número de vehículos en cada año
n = número total de vehículos en todo el período

2.3.2 Tipo de vehículo

La base de datos de la AMT clasifica al parque automotor en vehículos livianos, pesados y otros, estos últimos correspondientes a motos. Los vehículos livianos son aquellos con capacidad de carga menor a 3.5 toneladas y los pesados, los que superan este valor [43].

2.3.3 Clase de vehículo

Para la clasificación del parque vehicular del DMQ, primero se revisa a detalle la base de datos dispuesta y se realizan las correcciones necesarias ya que en su análisis se encontró

que ciertos vehículos pesados eran catalogados como livianos, y dentro de la clasificación por clase también se encontraron algunas inconsistencias. De forma que se contrasta la clasificación evaluando el vehículo por marca y modelo, para posteriormente clasificar al parque vehicular como se indica a continuación. En furgoneta se incluyen las van y miniván.

Tabla 7. Tipo y clase de vehículo según datos de la AMT

Tipo de vehículo	Clase
Liviano	Automóvil
	SUV
	Camioneta
	Furgoneta
Pesado	Furgoneta pesada
	Microbús
	Carga (P)
Otros	Moto

Posteriormente, se determina el número de vehículos por clase y su porcentaje de aporte al parque vehicular como se indica a continuación.

$$PA = \frac{Número\ de\ vehículos\ por\ clase}{Número\ de\ vehículos\ totales} * 100$$

Ecuación 6. Porcentaje de aporte por clase

2.3.4 Tipo de combustible

El tipo de combustible empleado se clasifica en gasolina, diésel y vehículos híbridos, estos últimos en su motor de combustión emplean gasolina.

2.3.5 Marcas y modelos representativos

Para determinar las marcas representativas del parque vehicular del DMQ, se incluyen los vehículos livianos y pesados y se contabiliza el número de vehículos por marca y se los ordena de mayor a menor número, de igual forma se calcula el porcentaje de aporte siguiendo la lógica aplicada en la ecuación 5. No se define el número de marcas representativas a presentar como resultado, ya que el análisis dependerá de la influencia de las mismas en su aporte al parque vehicular. Para el análisis de los modelos representativos, se seleccionan los modelos con mayor aportación por marca.

2.3.6 Vehículos que aprobaron la RTV

Para evaluar el número de vehículos que aprobaron la revisión técnica vehicular en la primera, segunda, tercera y cuarta revisión, se emplea como referencia el número de mediciones de CO y HC. De forma que se obtiene el porcentaje de aprobación según el número de revisión. Este procesamiento se realiza para los modelos representativos obtenidos y se los clasifica de acuerdo con de uso intensivo, es decir, los taxis, y los que no tienen este uso (camioneta, carga, escolar, turismo y celdas vacías).

2.3.7 Reducción de la emisión de contaminantes

Los datos proporcionados por la AMT muestran los resultados de las mediciones de monóxido de carbono e hidrocarburos no combustionados en ralentí y a 2500 rpm, los cuales servirán para analizar el impacto de la aplicación de la RTV, de la siguiente manera: se calcula el promedio de los valores máximos y mínimos de las mediciones de los gases mencionados, por revisión y por modelo, a su vez se distinguen en vehículos de uso intensivo (taxis) y de otro uso.

El promedio de los valores máximos ($P_{máx}$) representa el valor con el que los vehículos reprobaron la primera revisión y el promedio de los valores mínimos ($P_{mín}$) es el valor con el que los vehículos aprobaron la última revisión a la que asistieron. Por lo que para calcular la reducción de las emisiones (RE) se aplica la siguiente ecuación, tomando en cuenta que el resultado de la misma es en porcentaje para el CO y en ppm para el HC.

$$RE = P_{máx} - P_{mín}$$

Ecuación 7. Reducción de la emisión de contaminantes

Los valores máximos permitidos de CO y HC para marcha lenta o ralentí (≤1100 rpm), se establecen en la norma NTE INEN 2204:2002, los cuales se muestran a continuación.

Año modelo	% CO[a]		ppm HC[a]	
	0 - 1500[b]	1500 - 3000[b]	0 - 1500[b]	1500 - 3000[b]
2000 y posteriores	1,0	1,0	200	200
1990 a 1999	3,5	4,5	650	750
1989 y anteriores	5,5	6,5	1000	1200
[a] Volumen [b] Altitud = metros sobre el nivel del mar (msnm).				

Figura 7. Límites máximos permitidos para fuentes móviles a gasolina en ralentí (prueba estática)

Para el caso del DMQ, se seleccionan los valores de CO (%) y HC (ppm) para una altitud entre 1500 y 3000 msnm y para el año de fabricación, primero se determina a qué rango perteneces los modelos representativos obtenidos.

3 RESULTADOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

3.1 Resultados

3.1.1 Crecimiento del parque vehicular

El crecimiento del parque vehicular en el DMQ es acelerado y sostenido como se observa en la Figura 8. El número de vehículos ha incrementado en 301 726 durante el período 2003 – 2021, teniendo para el 2021 un total de 471 749 vehículos motorizados matriculados, obteniéndose una tasa de crecimiento anual promedio de 6,75 % (Tabla 8).

La disminución drástica del número de vehículos en el 2020 ocurre a causa de que la ANT suspendió el servicio de revisión técnica vehicular desde junio hasta diciembre por la pandemia por la COVID-19, considerando que el servicio fue paralizado desde marzo. Esto debido a que si se reiniciaba la atención se tendría una acumulación de vehículos y una mayor probabilidad de contagio en los CRTV a causa de su capacidad y limitaciones de espacio lo que impediría la atención a todos los usuarios. De manera que, el valor registrado de vehículos, corresponde a los que acudieron a la RTV en enero y febrero de 2020.

También se aprecia las inconsistencias durante el período 2008 – 2013 donde por falta de comunicación interinstitucional y contrastación de resultados se tiene un menor número de vehículos en Pichincha en relación con el DMQ. El crecimiento a nivel provincial es de 244 240 vehículos en el período de análisis.

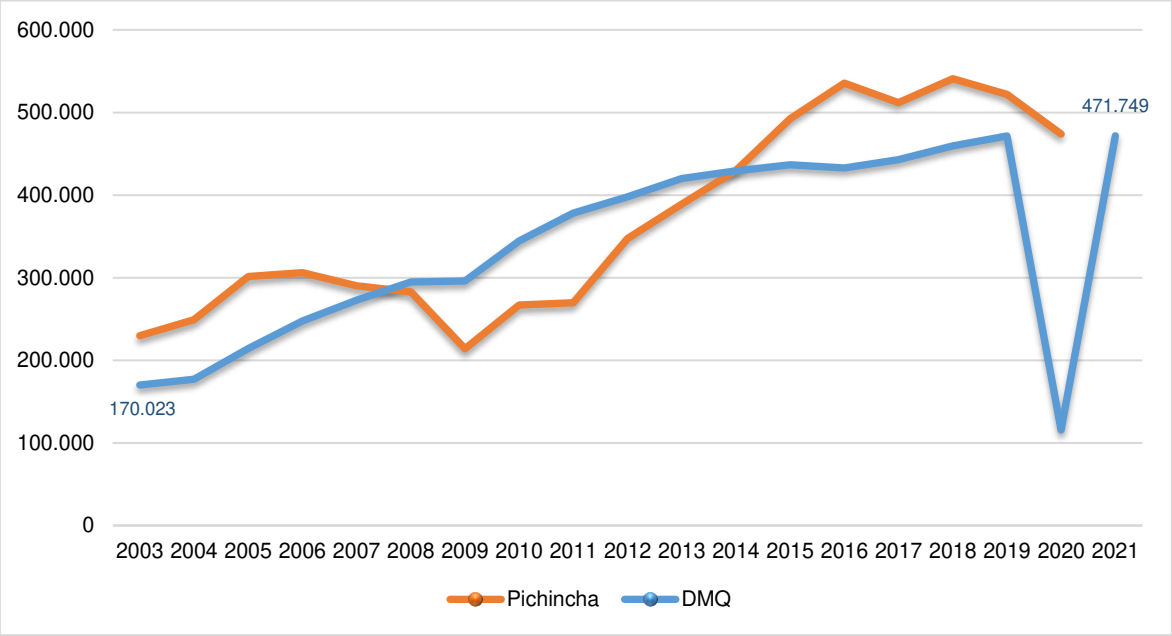


Figura 8. Crecimiento del parque vehicular del DMQ

Tabla 8. Tasa de crecimiento del parque vehicular y peso del DMQ

Promedio	Nacional	Pichincha	DMQ
Tasa de crecimiento	7,91 %	6,07 %	6,75 %
Peso del DMQ	24,9 %	77,1 %	No aplica

El parque vehicular del DMQ aporta al país en un 25 %, mientras que en la provincia de Pichincha representa el 77,1 %, lo que indica que es el cantón con mayor cantidad de vehículos y que la suma de los otros 7 cantones constituye sólo el 22,9 %.

Ampliando el análisis para el DMQ, en la siguiente figura se muestra que el porcentaje de aprobación en los 3 primeros años es superior al 90 %. Mientras que, desde el 2006 hasta el 2019 el porcentaje varía de 80,5 % - 89,4 %. Por otro lado, el número de revisiones es mayor al número de vehículos durante todo el período analizado, lo que indica que algunos vehículos acudieron a la RTV más de una vez, es decir, los defectos encontrados no se solucionaron en la segunda, tercera y/o cuartare visión. Sin embargo, no se puede determinar el tipo de defecto por el cual fueron rechazados.

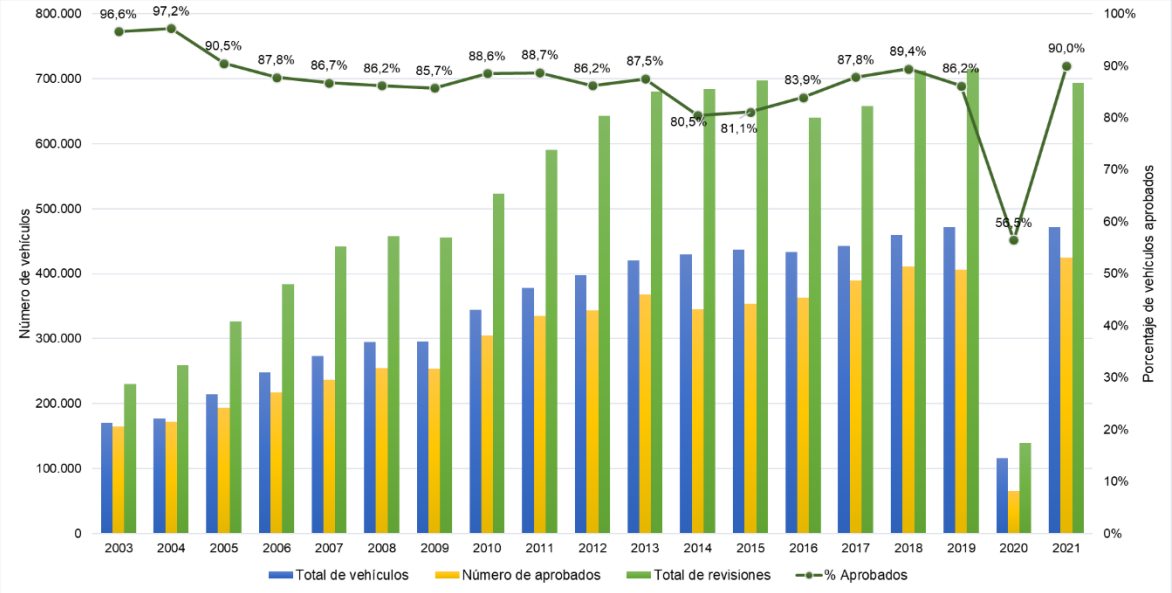


Figura 9. Número de vehículos que han pasado la RTV en el DMQ

En los dos primeros años de la RTV menos del 3,5 % son vehículos condicionales (Figura 10). A partir del 2005, existe un número menor de vehículos condicionales que varían del 2,1 al 4,7 %. Mientras que, el número de vehículos exonerados es mayor, representando más del 8 %, de lo que se concluye que, de estos vehículos la mayoría son nuevos como se muestra en la figura 11, ya que la venta de vehículos aumentó en la provincia de Pichincha y se asume la misma tendencia para el DMQ, debido a que como se mencionó,

el DMQ abarca el 70 % de vehículos matriculados en Pichincha. Mientras que los restantes, corresponderían a vehículos clásicos o de competencia.

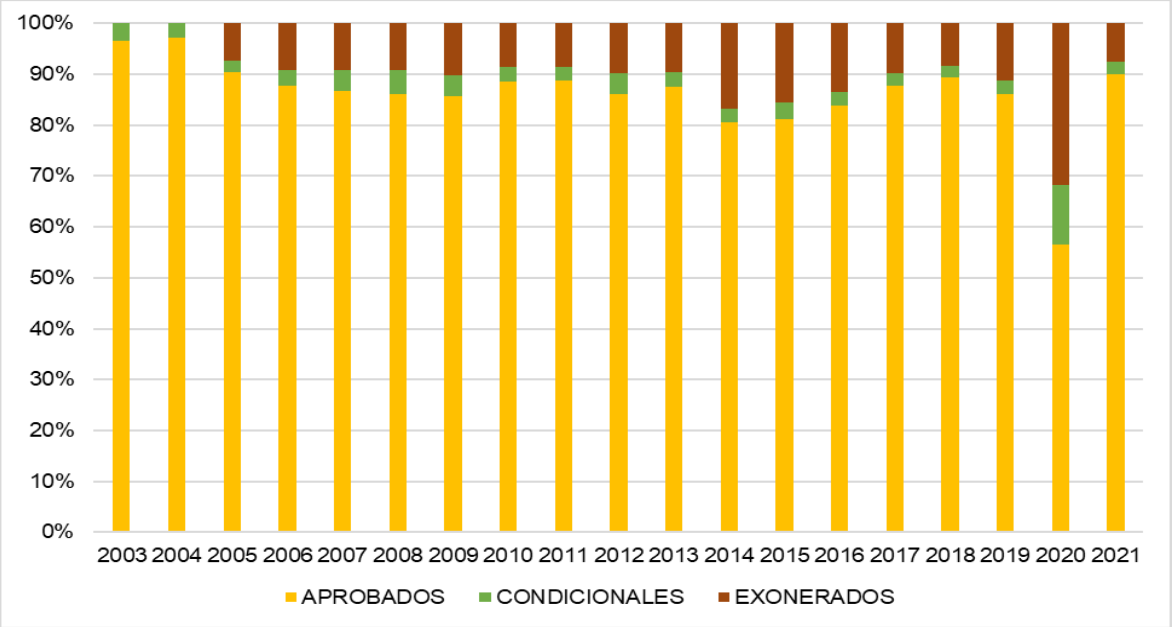


Figura 10. Número de vehículos condicionales y exonerados en el DMQ

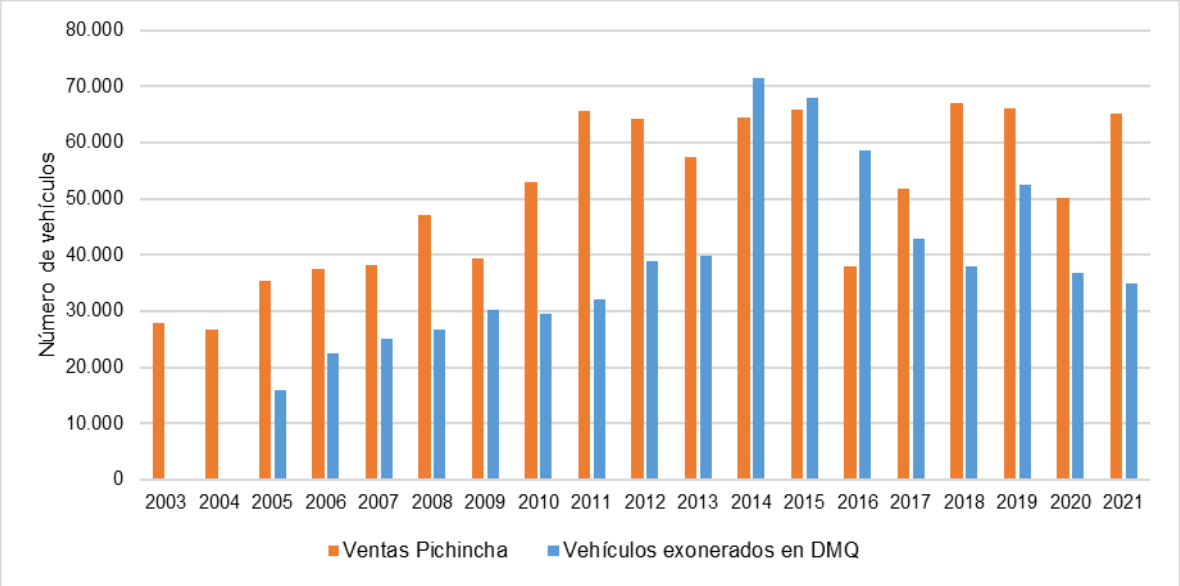


Figura 11. Venta de vehículos en Pichincha vs vehículos exonerados en el DMQ

3.1.1.1 Según el uso

La tendencia del crecimiento del parque vehicular según el uso a nivel nacional, provincial y local es similar (Tabla 9). Más del 90 % de vehículos son de uso particular, seguidos del uso de alquiler y estado. Sin embargo, el crecimiento de vehículos particulares a través del tiempo ha ido disminuyendo, mientras que los vehículos de alquiler, aumentando (Figura

12), este cambio se es más notorio a partir del año 2014, por el contrario, en el 2020 se quiere revertir esta tendencia.

Tabla 9. Promedio del crecimiento vehicular según el uso

PROMEDIO	PARTICULAR	ALQUILER	ESTADO	OTROS
Nacional	93,93%	4,75%	1,31%	0,01%
Pichincha	94,05%	4,08%	1,83%	0,04%
DMQ	93,93%	4,75%	1,31%	0,01%

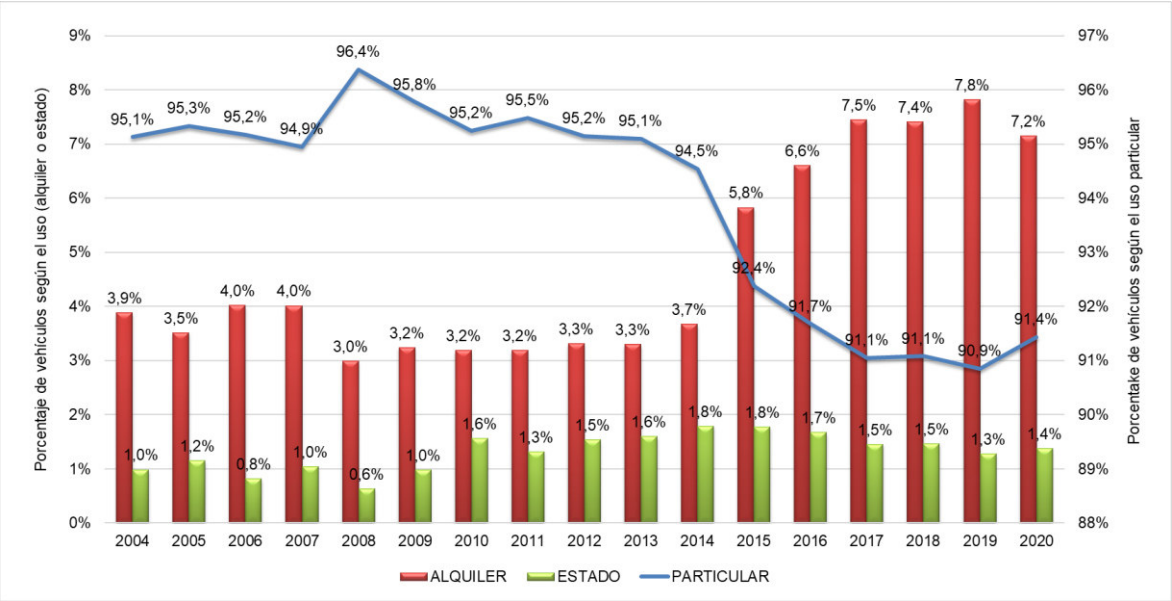


Figura 12. Porcentaje de vehículos en el DMQ según el uso

3.1.1.2 Según el tipo de combustible

En la Figura 13 se aprecia que el tipo de combustible predominante en el parque vehicular del DMQ es el de gasolina, que a su vez asevera la presencia mayoritaria de vehículos livianos y la emisión de CO, HC y NO_X. El número de vehículos de gasolina matriculados en el DMQ en el 2019 es casi el doble de los matriculados en el 2007. Además, se observa un crecimiento paulatino de vehículos de gasolina a través del tiempo, mientras los de diésel crecen en una menor proporción. Los vehículos híbridos, eléctricos o que emplean GLP empiezan a tomar relevancia desde el 2012, ya que desde este año superan los mil vehículos.

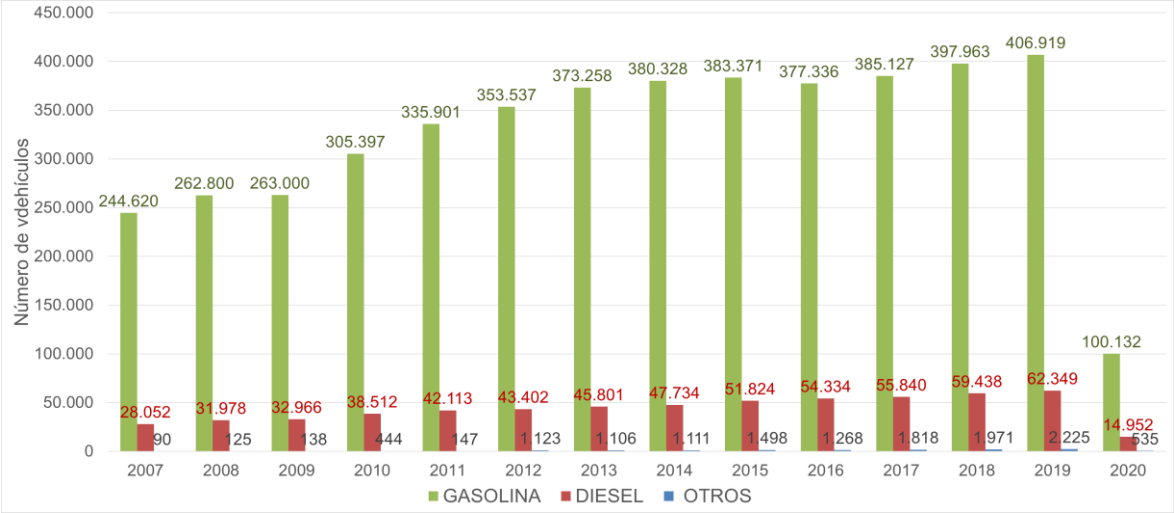


Figura 13. Número de vehículos en el DMQ según el tipo de combustible

3.1.1.3 Nuevas tecnologías

Las nuevas tecnologías comienzan a destacarse en el mercado ecuatoriano, en el 2021 el país registró un récord en ventas de vehículos híbridos y eléctricos con 4 269 y 348 unidades, respectivamente. Marcando una tendencia hacia la electrificación de los vehículos en el mercado, donde se nota la preferencia de los vehículos híbridos sobre los eléctricos. Para vehículos híbridos (Figura 14), la tendencia de Pichincha sigue la tendencia nacional y la aportación de esta provincia a escala nacional es de más del 50 % para el 2015 y 2016. Para los años siguiente el aporte baja hasta el 43,7 % en el 2021.

La tendencia de crecimiento de los vehículos eléctricos a nivel nacional y para la provincia de Pichincha es la misma (Figura 15). Para el período 2017 – 2020, el aporte de Pichincha fue menor al 24 %, mientras que para el 2016 y 2021 superó el 50 %. Además, en promedio se tienen 57 vehículos eléctricos en la provincia de Pichincha. Como informacional adicional, en el DMQ existen 20 puntos de carga distribuidos por toda la ciudad.

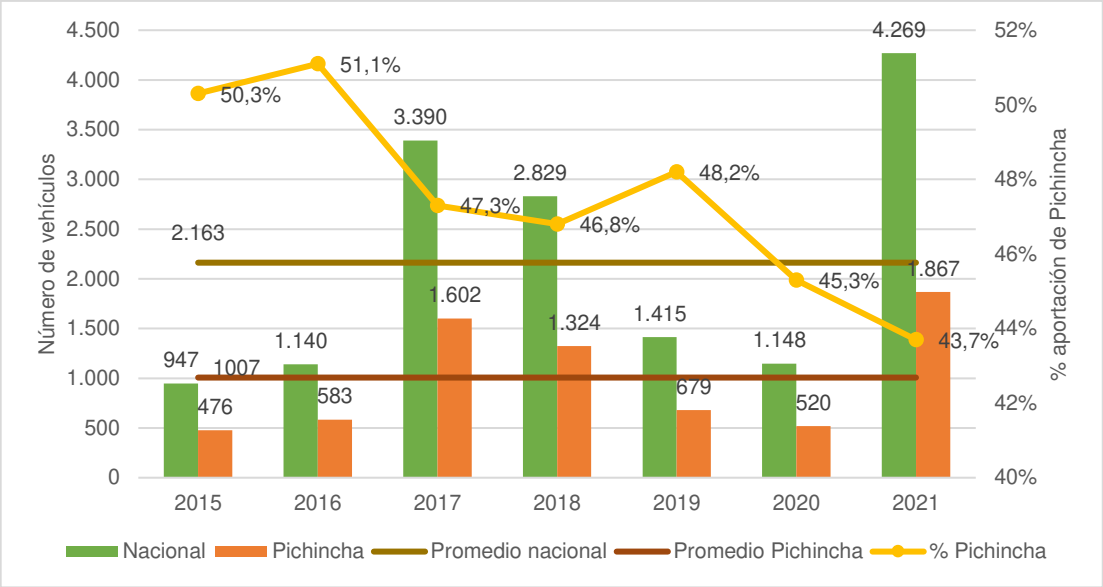


Figura 14. Venta nacional de vehículos híbridos

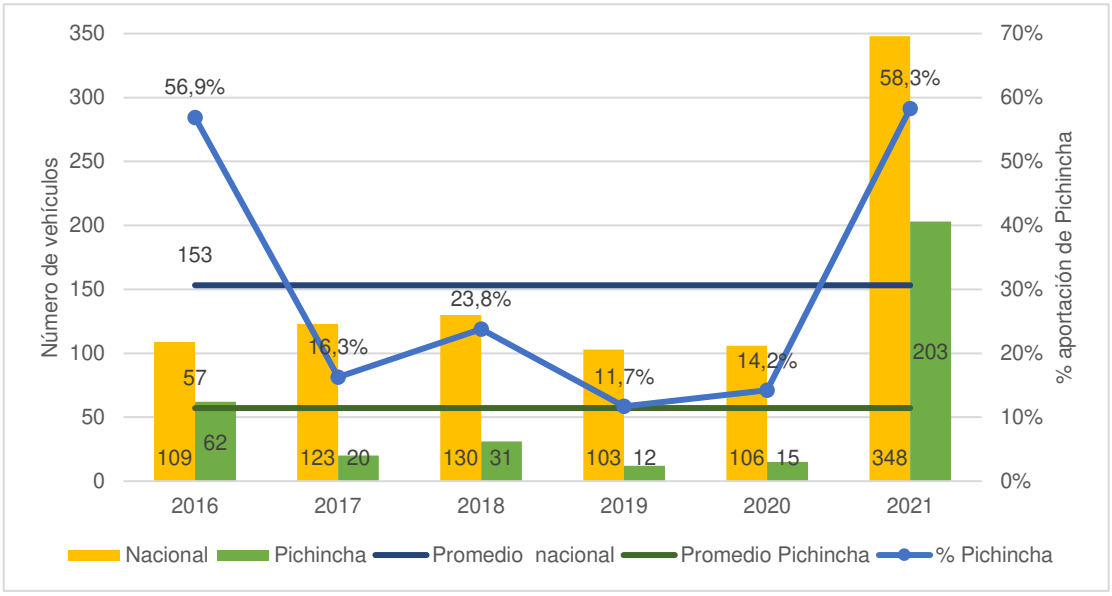


Figura 15. Venta nacional de vehículos eléctricos

3.1.1.4 Según la clase

Los resultados para el DMQ, obtenidos de la base de datos de la AMT, muestran la presencia mayoritaria de vehículos livianos, seguido de motocicletas, vehículos de carga, buses y los de otra clase (P) (Jeep, furgoneta de pasajeros y SUV) (Figura 16), siendo la primera clase la que ha tenido un crecimiento significativo de 159 % durante el período de análisis, aumentando 247 360 vehículos para el 2021. La tendencia del crecimiento de vehículos livianos para los próximos años supera los 400 000 vehículos.

Las motos a pesar de que no superan la cantidad de vehículos livianos aumentaron de 3 902 en el 2003 a 43 351 en el 2021, es decir s se sumaron al tránsito 43 351 motocicletas, lo que representa un crecimiento porcentual de 1011 %. Por su parte, los vehículos de carga no superan los 21 000 vehículos, alcanzando un valor de 20 415 en 2013 y después de ese año comienzan a disminuir hasta llegar a 16 230 en el 2021.

Los buses a lo largo del período analizado mantienen un crecimiento casi constante ya que varían de 4 000 a 5 000 vehículos que han acudido a la RTV en cada año, se nota su diminución para el 2021 a 3 784 buses, por lo que esta variación en el crecimiento del 2003 al 2021 representa un decremento del 4 %. Los vehículos que corresponden a Otra clase (P) se han incrementado en 778 % ya que al inicio del período se tenían únicamente 625 vehículos en contraste con los 5 489 en el 2021.

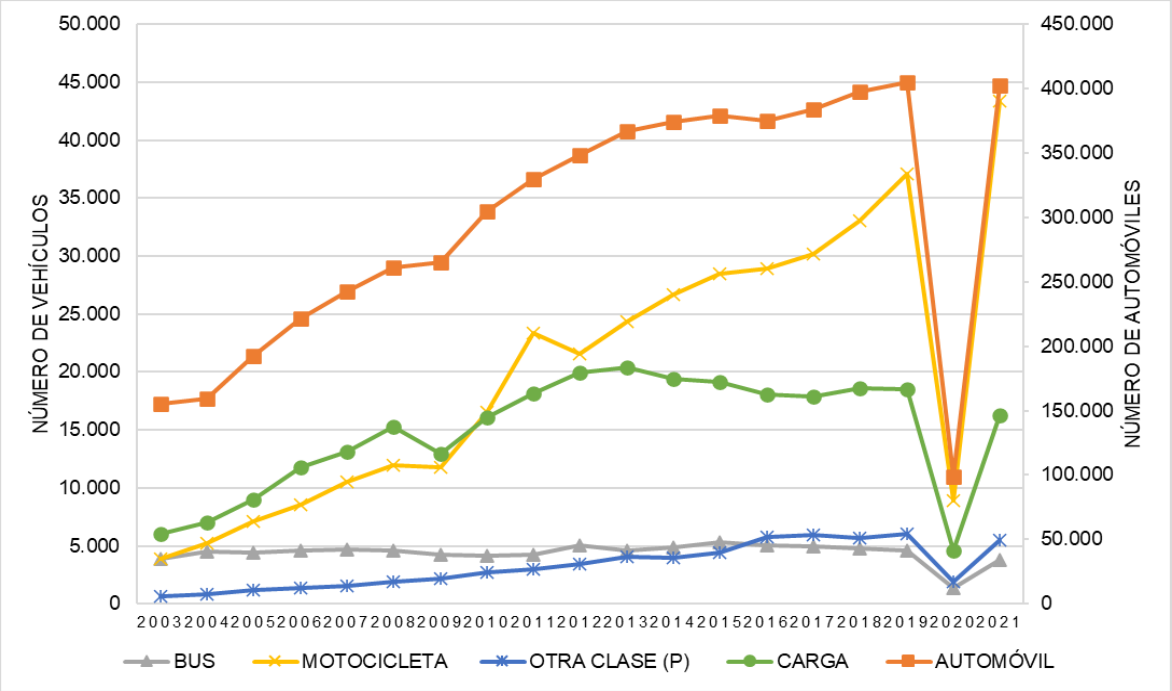


Figura 16. Crecimiento del parque vehicular del DMQ según la clase

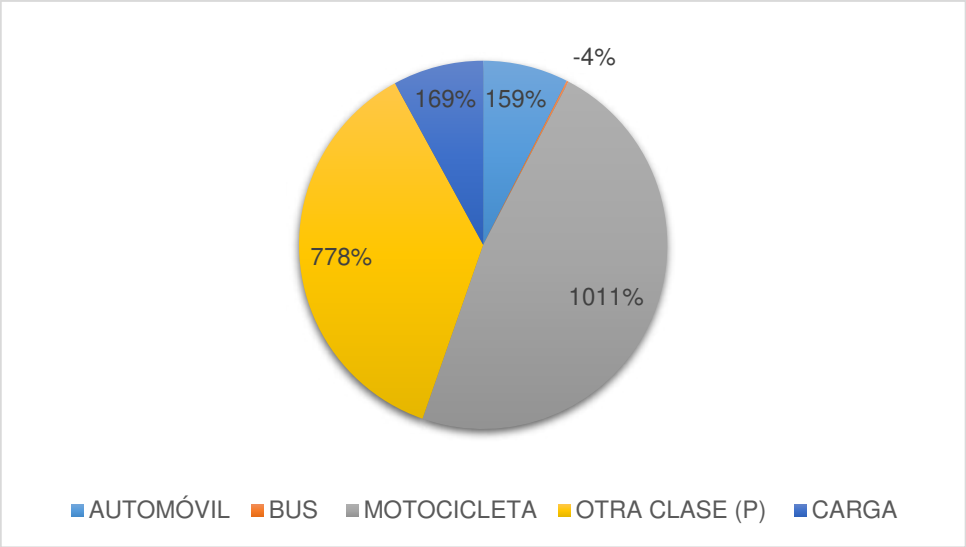


Figura 17. Crecimiento porcentual del parque vehicular del DMQ según la clase

Al comparar el crecimiento vehicular del DMQ con la provincia de Pichincha y el Ecuador (Figuras 18 y 19), se puede apreciar que los buses y los vehículos de otra clase (C), no presentan variaciones importantes en el crecimiento en todo el período. Mientras que los de Otra clase P, superan los 50 000 y 100 000 vehículos a escala provincial y nacional, respectivamente. En las tres escalas espaciales analizadas los automóviles son la clase predominante.

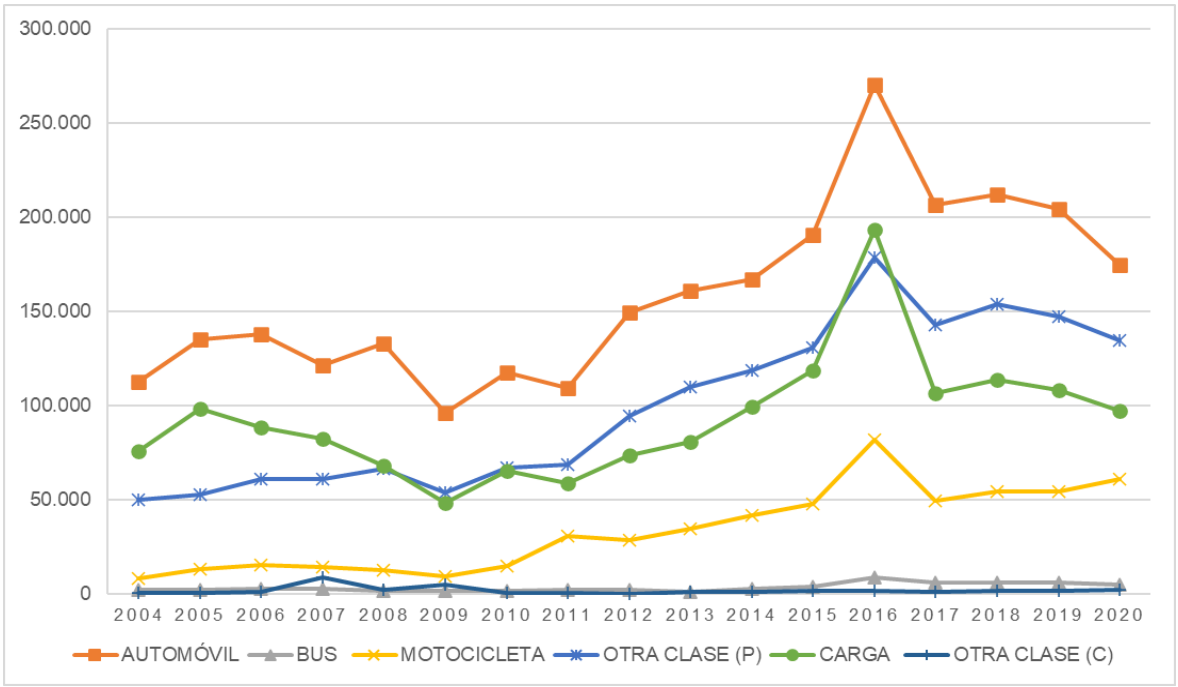


Figura 18. Crecimiento del parque vehicular de Pichincha según la clase

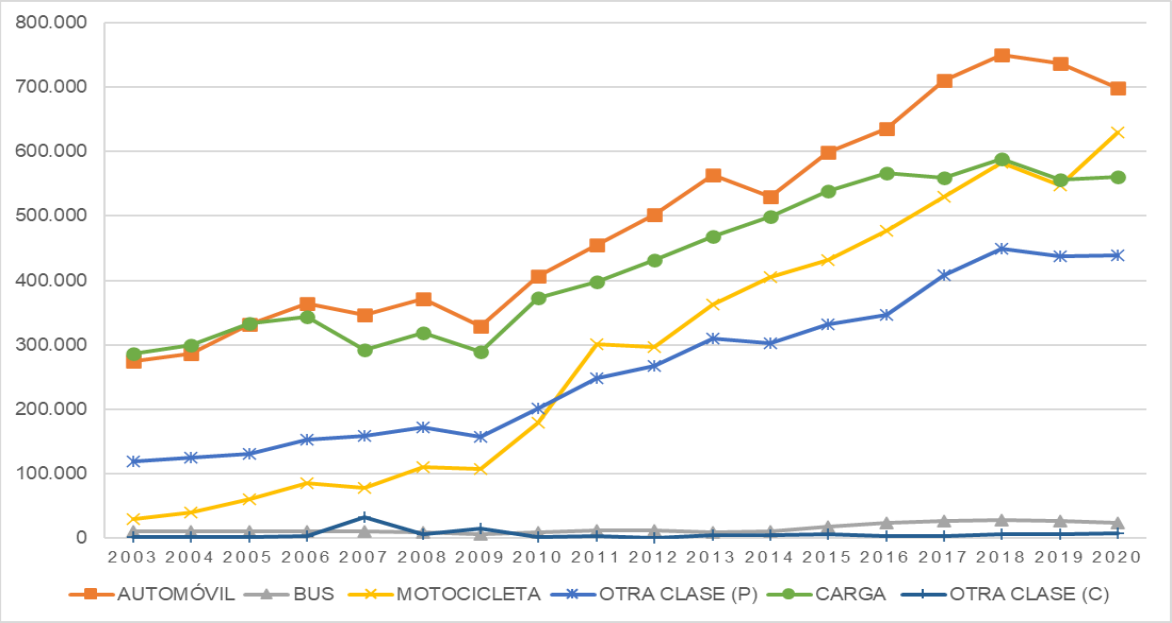


Figura 19. Crecimiento del parque vehicular del Ecuador según la clase

3.1.1.5 Según las ventas anuales

Una vez evaluado el crecimiento vehicular es apropiado relacionarlo con las ventas anuales de vehículos nuevos. A nivel nacional la venta de vehículos nuevos aumentó durante el período 2003 – 2011 en 81 713 vehículos, sin embargo, después de este período las ventas disminuyeron llegando a un valor de 63 555 en 2016. Del 2017 al 2021 nuevamente se reactivaron y claramente se puede apreciar la incidencia de la pandemia porque en el 2020 las ventas bajan en un 35,1 % en relación con el 2019 (Tabla 10). El 2021, constituyó un año de recuperación por lo que se refleja un aumento de la compra de vehículos respecto al 2020. La tendencia descrita a escala nacional, se replica en la provincia de Pichincha.

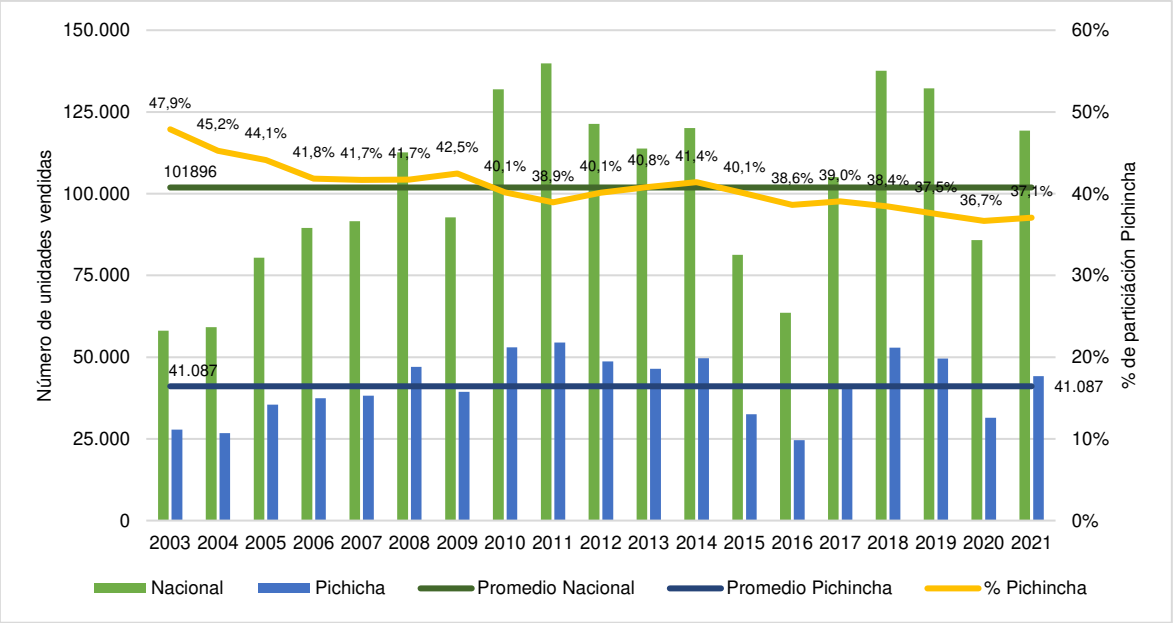


Figura 20. Ventas anuales de vehículos nuevos en Ecuador y Pichincha

Tabla 10. Tasa de ventas anuales

Año	Nacional	Pichicha
2004	1,8%	-3,8%
2005	35,9%	32,6%
2006	11,4%	5,6%
2007	2,2%	1,9%
2008	23,0%	23,1%
2009	-17,7%	-16,2%
2010	42,3%	34,5%
2011	5,9%	2,8%
2012	-13,2%	-10,6%
2013	-6,2%	-4,5%
2014	5,5%	7,0%
2015	-32,3%	-34,5%
2016	-21,8%	-24,6%
2017	65,3%	67,1%
2018	31,0%	28,9%
2019	-3,9%	-6,2%
2020	-35,1%	-36,6%
2021	39,0%	40,5%
Promedio	9,9%	8,4%

Además, en la siguiente figura se puede apreciar que la provincia de Pichincha lidera el número de vehículos vendidos, siendo estos en promedio 43 528 durante el período 2007 – 2021.

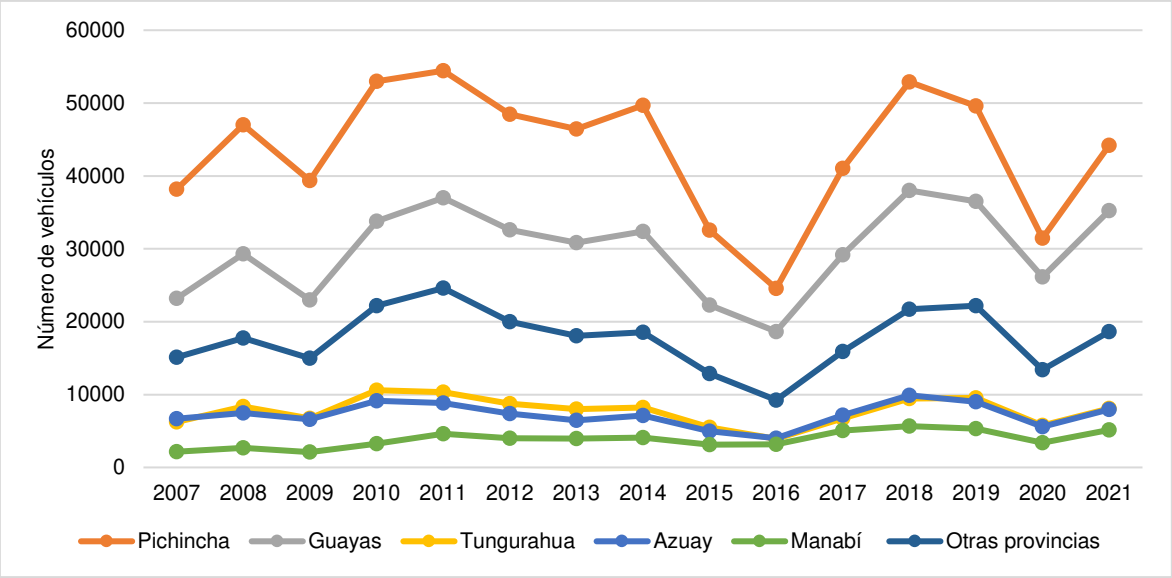


Figura 21. Venta de vehículos nuevos según las provincias

Por otro lado, en la figura 22 se observa que los automóviles, suv y camionetas son los 3 vehículos más vendidos, exceptuando las motos. Mientras que los buses ocupan el último lugar. En Pichincha, la brecha de automóviles y suv vendidos es más corta en relación con el país. El número de motos vendidas tanto a nivel nacional como provincial supera las ventas de vehículos de otra clase.

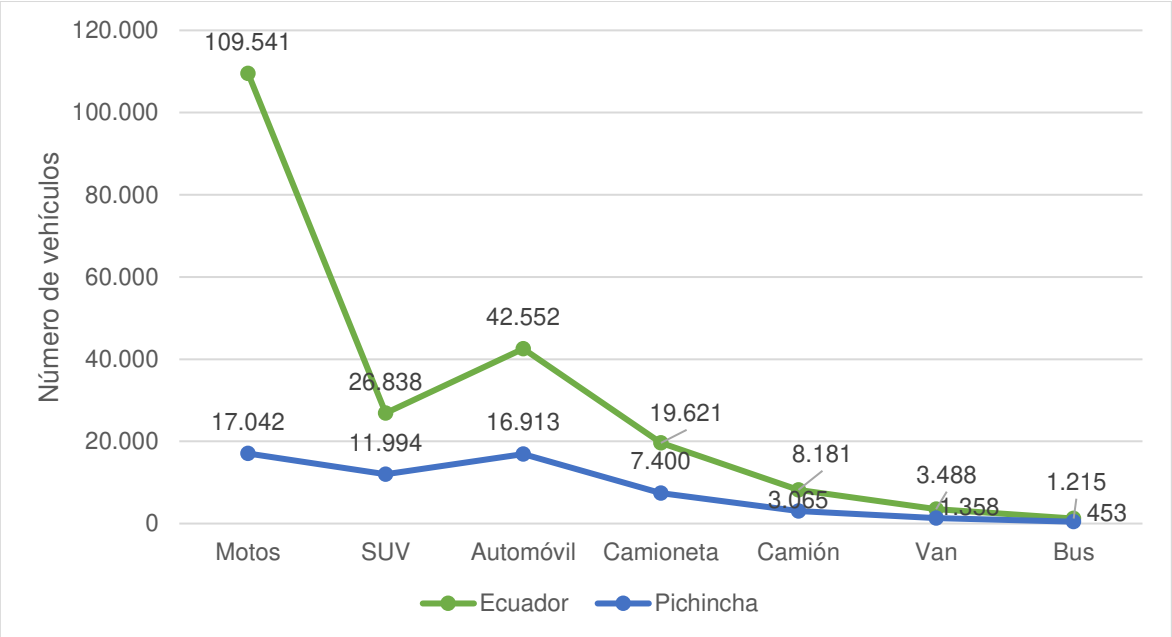


Figura 22. Promedio de ventas período 2003-2021 por clase

En la figura 23, se nota que los buses y las van, consideradas como vehículos de transporte de pasajeros mantienen un nivel de demanda bajo a través del tiempo, llegando a niveles

menores a 1 % y 4 %, respectivamente, desde el 2020. A pesar de las medidas de confinamiento aplicadas en 2020, estos sectores no muestran una recuperación para el siguiente año. La demanda de los SUV ha incrementado a través de los años, posicionándose como el vehículo líder de ventas en el mercado ecuatoriano en el 2021.

En cambio, los automóviles a inicios del período de análisis representaban una gran participación, a medida que pasa el tiempo su demanda disminuye hasta un 29,3 % en 2021, considerando que en el 2003 representaban el 50,7 %, de manera que se muestra la preferencia de los ciudadanos por los SUV, sobre los automóviles. Las camionetas y camiones tienen una participación reducida en las ventas de Pichincha, disminuyendo su demanda a través del tiempo. Para el 2021, la venta de camionetas aumentó en 1,6 % respecto al año pasado y se vendió 675 camiones más.

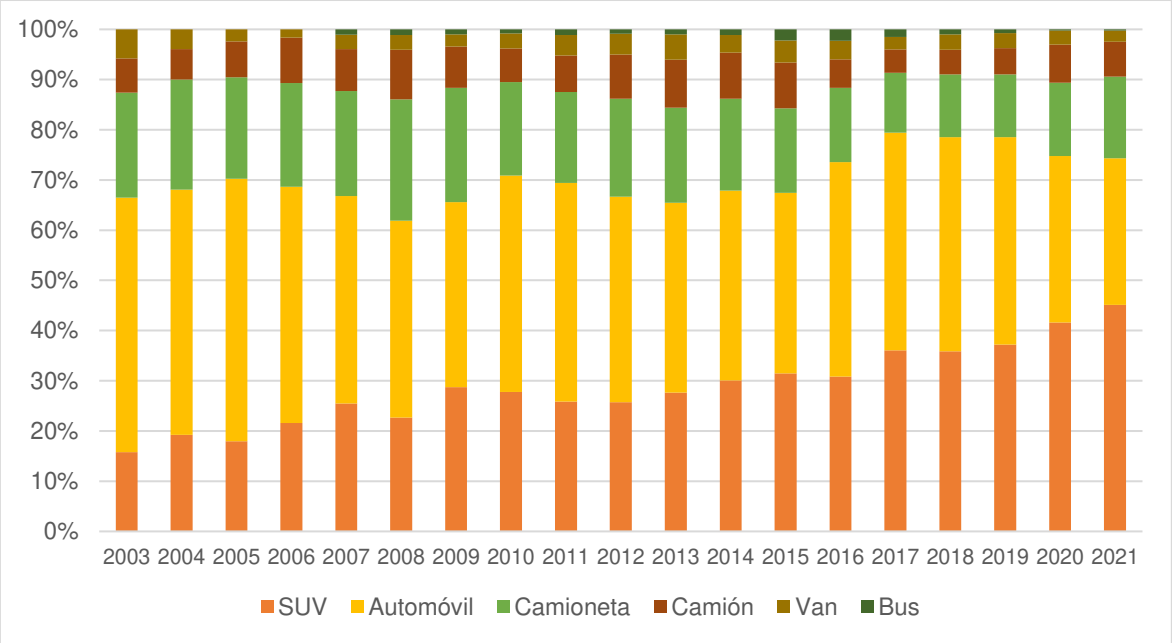


Figura 23. Participación de ventas de vehículos por clase en Pichincha

Las motos constituyen un sector importante que ha crecido a través del tiempo, los registros por parte de la AEADE de la venta de motos inician en el 2011. A continuación, se muestra su venta a través del tiempo, donde a nivel nacional se aprecia un crecimiento acelerado y sostenido que para 2021 representaría casi el doble de las motos presentes en el 2011. Para Pichincha la venta máxima de motos ocurrió en el 2015 con 33 239 motos vendidas, sin embargo, a partir del 2016 se observa la tendencia positiva en la adquisición de esta clase de vehículos.

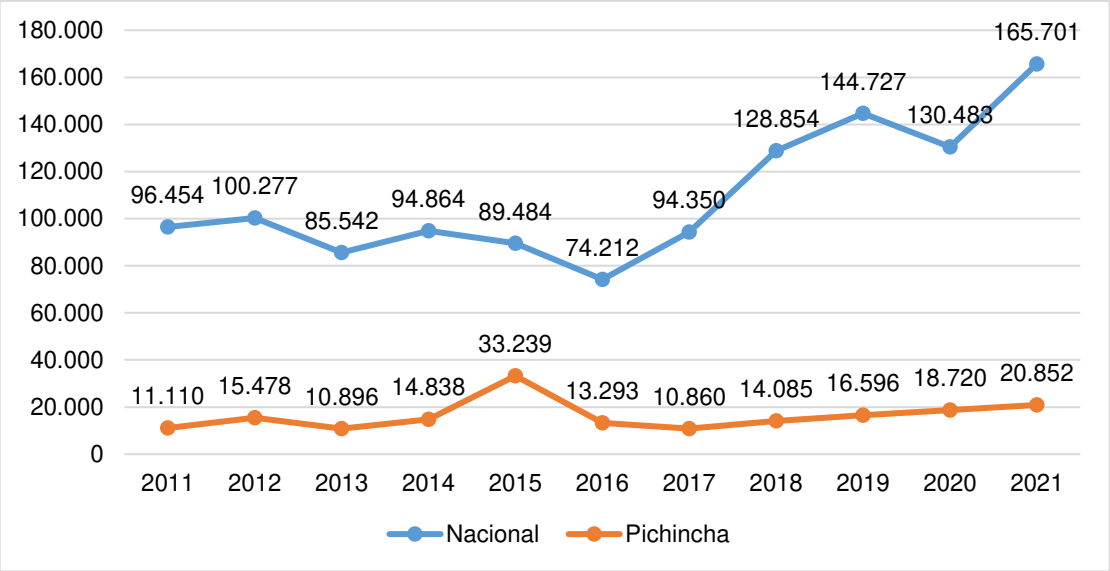


Figura 24. Registro histórico del número de motos

3.1.2 Caracterización técnica ambiental

3.1.2.1 Año de fabricación

Para el año 2019 se tienen 362 247 vehículos con la presencia mayoritaria de vehículos con año de fabricación del 2011 hasta el 2015 y del 2019 (vehículos del año), los cuales en total representan el 48,62 % del parque vehicular del DMQ. La presencia de vehículos con año de fabricación menor e igual al 2000 suman en total 29 074 con un porcentaje de aporte del 8,03 %. Cabe recalcar que la incidencia de vehículos de modelo 2020 es de 2,76 % con un número de 9 992.

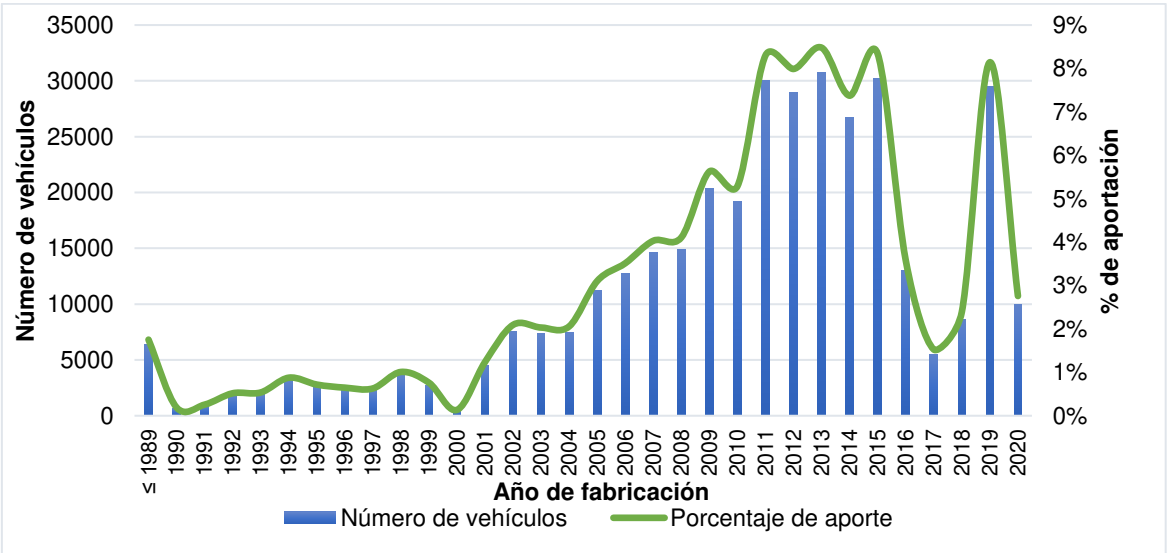


Figura 25. Antigüedad de los vehículos en el DMQ para el 2019

A continuación, se muestra de manera agrupada la información sobre la antigüedad del parque vehicular donde se observa que el mayor porcentaje le corresponde a los vehículos con antigüedad de 0 a 15 años, mientras que los vehículos con antigüedad mayor a 36 años constituyen el 1,2 % del parque vehicular. Con estos datos, la edad promedio del parque vehicular del DMQ es de 8,79 años.

Tabla 11. Edad promedio del parque vehicular

Edad del parque vehicular	Número de vehículos	Porcentaje	Edad promedio
0-5	103495	31,2 %	8,79
5-10	120606	36,4 %	
10-15	59129	17,8 %	
15-20	22403	6,8 %	
20-25	13955	4,2 %	
25-30	5954	1,8 %	
30-35	1680	0,5 %	
≥36	4071	1,2 %	
Total	331293	100 %	

3.1.2.2 Tipo y clase de vehículos

De acuerdo con la información dispuesta por la AMT los vehículos que pudieron ser caracterizados son livianos (automóvil, SUV, camioneta y furgoneta) y pesados (furgoneta pesada, microbús y carga). Bajo este contexto, los vehículos livianos constituyen el 90,73 % del parque vehicular, seguidos de las motos con un 8,55 % y finalmente los vehículos pesados que aportan con un 0,73 %, como se muestra a continuación. Cabe recalcar que en los vehículos pesados no se incluyen buses y camiones ya que la base de datos no contaba con esta información. El parque vehicular del DMQ, sin tomar en cuenta a las motos, se conforma por un total de 331292 vehículos.

Tabla 12. Tipo de vehículos en el DMQ

Tipo de vehículo	Número de vehículos	Porcentaje
Liviano	328652	90,726 %
Pesado	2640	0,729 %
Otros	30955	8,545 %
Total	362247	100 %

Al analizar el parque vehicular según la clase, se tiene que el DMQ cuenta con un 48 % de automóviles, seguido de un 30 % de SUV's, 11 % de camionetas y 9 % de motos. Las

furgonetas, carga pesada, furgoneta pesada y microbús aportan cada uno con menos del 1 % al parque vehicular.

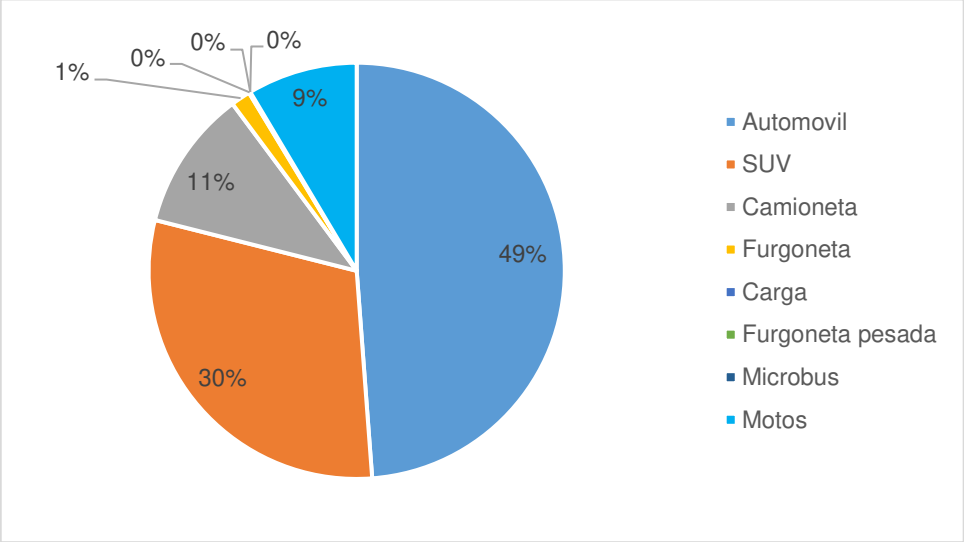


Figura 26. Clase de vehículos en el DMQ para el 2019

3.1.2.3 Tipo de combustible

El 99,93 % de los vehículos del DMQ analizados emplean gasolina como combustible y un 0,072 %, diésel. No se registra una cantidad considerable de nuevas tecnologías como lo son los vehículos híbridos, eléctricos o los que emplean GLP, ya que los primeros representan una fracción mínima del parque vehicular. Sin embargo, esto puede ocurrir a causa de un incorrecto registro en la base de datos, tomando en cuenta que el número total de vehículos precisados en la primera entrega de la información y la segunda discrepa, como se explicó inicialmente.

Tabla 13. Número de vehículos según el tipo de combustible

Tipo de combustible	Número de vehículos	Porcentaje
Gasolina	361983	99,927 %
Diésel	260	0,072 %
Híbridos	4	0,001 %
Total	362247	100 %

3.1.2.4 Marcas y modelos representativos

En total existen 117 marcas de vehículos en el DMQ. A continuación, se muestran las 8 marcas que se destacan en este mercado y conforman el 80,24 % del parque vehicular, siendo Chevrolet la marca predominante, la cual representa el 33,20 % del parque,

mientras que las marcas que la siguen aportan en menos del 9 % y las 109 marcas restantes en conjunto aportan con el 19,76 % como se muestra en la siguiente figura.

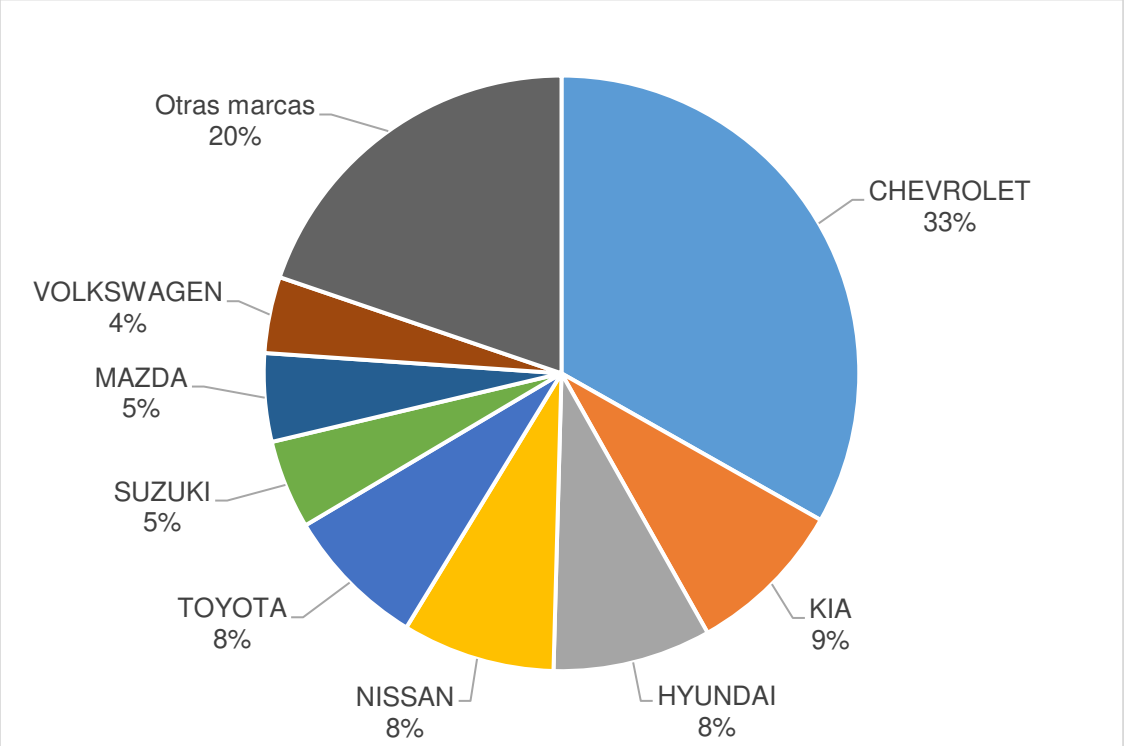


Figura 27. Marcas representativas del parque vehicular del DMQ

A continuación, se muestran los dos principales modelos con mayor aporte, de acuerdo con las ocho marcas representativas presentadas anteriormente. Para la marca Chevrolet se determinan cuatro modelos representativos debido a que es la marca de vehículos predominante en el DMQ. Adicionalmente, se indica el porcentaje de aporte por marca y al DMQ, sin incluir motos. El número de vehículos por modelo y su porcentaje de aporte, por año de fabricación, se presentan en el Anexo VI.

En negrillas se muestran los modelos representativos que aportan en 3,46 % al parque vehicular del DMQ para el 2019 y son superiores al 0,40 %, tres de ellos son de la marca Chevrolet. A pesar de que KIA es la marca con mayor aporte al parque vehicular, los dos siguientes modelos son los que pertenecen a la marca Suzuki.

Tabla 14. Marcas representativas del DMQ

Marca	Modelo	Año de fabricación	Número de vehículos	% de aporte por marca	% de aporte DMQ
CHEVROLET	**AVEO ACTIVO 1.6L 4P**	2011	2599	2,36 %	**0,78 %**
	AVEO FAMILY 1.5	2015	2489	2,26 %	**0,75 %**
	GRAND VITARA 2.0L 5P	2011	1601	1,46 %	**0,48 %**
	SPARK 5P STD 1.0L	2012	1107	1,01 %	0,33 %
KIA	RIO STYLUS LS AC	2013	1254	4,38 %	0,38 %
	SPORTAGE LX DAB AC	2015	965	3,37 %	0,29 %
HYUNDAI	ACCENT 1.6 4P 4X2 TM	2014	673	2,36 %	0,20 %
	TUCSON 5P 4X2 2.0 TM	2010	1118	3,93 %	0,34 %
NISSAN	**SENTRA 1.6**	2011	1421	5,17 %	**0,43 %**
	TIIDA 1.6 MT	2011	426	1,55 %	0,13 %
TOYOTA	ETT HILUX 4X2 CD	2011	501	1,95 %	0,15 %
	FORTUNER AC 2.7 5P	2014	538	2,10 %	0,16 %
SUZUKI	**GRAND VITARA SZ 2.0L**	2011	1571	9,82 %	**0,47 %**
	GRAND VITARA SZ NEXT	2015	1775	11,10 %	**0,54 %**
MAZDA	BT-50 CD 4X2 STD GAS	2012	281	1,77 %	0,08 %
	ALLEGRO SEDAN 1.6	2008	175	1,10 %	0,05 %
VOLKSWAGEN	ESCARABAJO	1974	152	1,11 %	0,05 %
	GOL 1.8 4P SPORT	2003	238	1,73 %	0,07 %

3.1.2.5 Otras características

La siguiente tabla muestra la cilindrada, el sistema de alimentación de combustible y de control de emisiones de los modelos más representativos del DMQ. La cilindrada varía de 1.5L a 2.4L, donde mientras mayor sea este valor mayor cantidad de combustible se emplea y se generan más emisiones, las cuales son reducidas al emplear como sistema

de control de emisiones a los catalizadores y/o sondas lambas, como es el caso de los modelos de la marca Suzuki.

Todos los modelos representativos del parque vehicular emplean catalizadores, lo que significa que se reducen las emisiones de HC y CO. Para el Nissan Sentra, se reducen también las emisiones de NOX al emplear un catalizador de 3 vías.

El sistema de alimentación de combustible se basa en la inyección electrónica multipunto lo que asegura una mejor y adecuada dosificación del combustible en la cámara de combustión. En teoría el sistema de control de emisiones y el de alimentación de combustible contribuyen a un menor consumo de combustible y reducción de emisiones contaminantes, lo que se evaluará más adelante en la sección 3.1.2.7.

Tabla 15. Otras características de los modelos representativos del parque vehicular del DMQ

Marca	Modelo	Año de fabricación	Cilindrada (L)	Sistema de alimentación de combustible	Sistema de control de emisiones
CHEVROLET	AVEO ACTIVO 1.6L 4P	2011	1.6	Sistema de inyección electrónica multipunto	Catalizador
	AVEO FAMILY STD 1.5	2015	1.5		
	GRAND VITARA 2.0L 5P	2011	2.0		
SUZUKI	GRAND VITARA SZ 2.0L	2011	2.0		Catalizador Sonda lambda
	GRAND VITARA SZ NEXT	2015	2.4		
NISSAN	SENTRA 1.6 M/T	2011	1.6		Catalizador de 3 vías

Fuente: [44], [45], [46], [47]

3.1.2.6 Vehículos que aprobaron la RTV

De los 6 modelos representativos, 3 de ellos se registran en la base de datos de la AMT con uso de taxi como se muestra en la siguiente tabla. En otros usos se incluyen camioneta, carga, escolar, turismo y celdas vacías). Se las clasifica únicamente de esta manera debido a que hay una mayor cantidad de celdas sin uso asignado y las descritas constituyen un valor inconsistente, por lo que se toma el valor de taxis como referencia para hacer esta

distinción, donde se destaca que el vehículo Nissan Sentra 1.6L es el modelo más usado como taxi con un total de 1011 vehículos, el segundo es el Chevrolet Aveo Activo 1.6L y por último el Chevrolet Aveo Family 1.5L.

Tabla 16. Uso de vehículos de acuerdo con los modelos representativos

Marca	Modelo	Año de fabricación	Uso	
			Taxi	Otros usos
CHEVROLET	AVEO ACTIVO 1.6L 4P	2011	668	1931
CHEVROLET	AVEO FAMILY 1.5	2015	492	1997
SUZUKI	GRAND VITARA SZ NEXT	2015	0	1775
CHEVROLET	GRAND VITARA 2.0L 5P	2011	0	1601
SUZUKI	GRAND VITARA SZ 2.0L	2011	0	1571
NISSAN	SENTRA 1.6	2011	1011	410

Los vehículos usados como taxis, al tener un uso intensivo deben acudir dos veces al año a la RTV, por ello en la tabla 17 se observan hasta siete revisiones. Los dos modelos Chevrolet Aveo aprueban la revisión asistiendo hasta dos veces más de las 2 habituales, mientras que, el Nissan Sentra 1.6L lo hace hasta con 3 veces más de las habituales.

Se aprecia también que los 3 modelos analizados tienen un porcentaje de aprobación mayor al 50 % en la segunda revisión, en la primera, es menor al 40 %. Con esto se puede asumir que la primera y segunda revisión son aquellas de carácter habitual, mientras que los sobrantes serían los vehículos que asisten nuevamente a la RTV.

Tabla 17. Número y porcentaje de vehículos usados como taxis que aprueban en cada RTV

Revisiones		CHEVROLET		NISSAN
		AVEO ACTIVO 1.6L 4P	AVEO FAMILY 1.5	SENTRA 1.6
		2011	2015	2011
Primera revisión	Número de vehículos	173	194	144
	Porcentaje de vehículos	25,90%	39,43%	14,24%
Segunda revisión	Número de vehículos	428	281	528
	Porcentaje de vehículos	64,07%	57,11%	52,23%
Tercera revisión	Número de vehículos	55	16	212
	Porcentaje de vehículos	8,23%	3,25%	20,97%

Cuarta revisión	Número de vehículos	12	1	96
	Porcentaje de vehículos	1,80%	0,20%	9,50%
Quinta revisión	Número de vehículos	0	0	25
	Porcentaje de vehículos	0,00%	0,00%	2,47%
Sexta revisión	Número de vehículos	0	0	5
	Porcentaje de vehículos	0,00%	0,00%	0,49%
Séptima revisión	Número de vehículos	0	0	1
	Porcentaje de vehículos	0,00%	0,00%	0,10%
Total		**668**	**492**	**1011**

A continuación, se muestra de manera gráfica los resultados obtenidos en la tabla anterior para su mejor entendimiento.

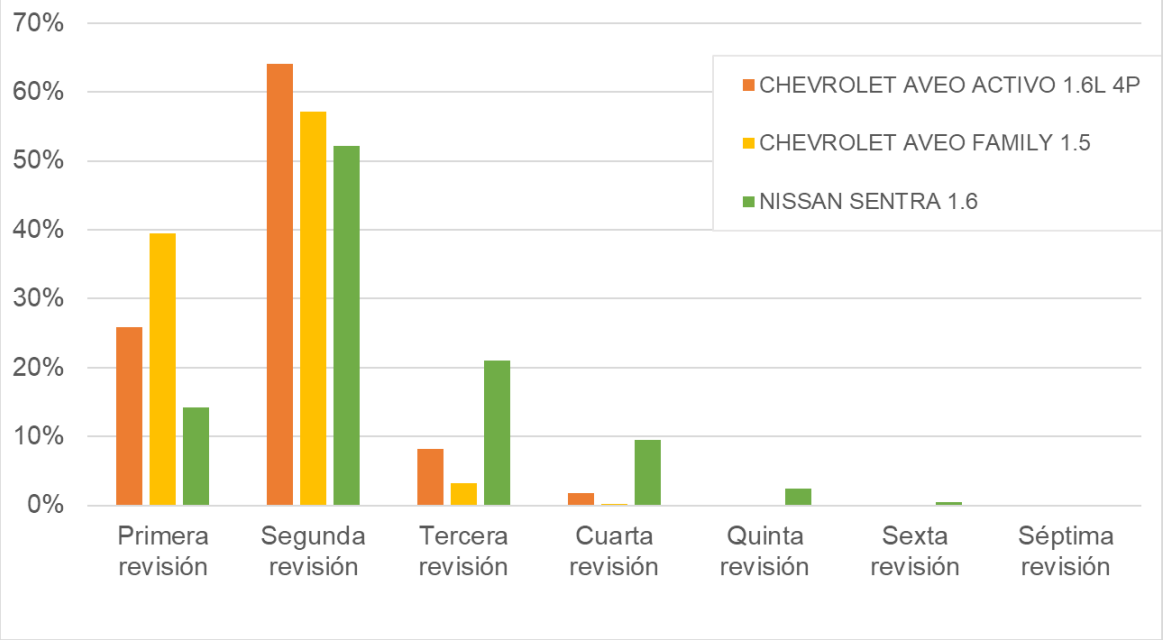


Figura 28. Porcentaje de taxis que aprobaron la RTV según el número de revisión

Los vehículos también se emplean con uso diferente al de taxis, sin embargo, no se especifica con detalle cuales son a causa de que la base de datos presenta una mayor cantidad de celdas vacías que de asignadas con un uso específico. Por ello, para este apartado se seleccionó todas las celdas diferentes de taxis obteniéndose los resultados de la tabla 18, la figura 29 representa una forma gráfica de los mismos.

Tabla 18. Número y porcentaje de vehículos con otros usos que aprueban en cada RTV

Revisiones		CHEVROLET		SUZUKI	CHEVROLET	SUZUKI	NISSAN
		AVEO ACTIVO 1.6L 4P	AVEO FAMILY 1.5	GRAND VITARA SZ NEXT	GRAND VITARA 2.0L 5P	GRAND VITARA SZ 2.0L	SENTRA 1.6
		2011	2015	2015	2011	2011	2011
Primera revisión	No. vehículos	1821	1963	1736	1566	1491	299
	% de vehículos	94,30%	98,30%	97,80%	97,81%	94,91%	72,93%
Segunda revisión	No. vehículos	98	34	35	34	63	84
	% de vehículos	5,08%	1,70%	1,97%	2,12%	4,01%	20,49%
Tercera revisión	No. vehículos	11	0	4	1	17	21
	% de vehículos	0,57%	0,00%	0,23%	0,06%	1,08%	5,12%
Cuarta revisión	No. vehículos	1	0	0	0	0	6
	% de vehículos	0,05%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	1,46%
Total		**1931**	**1997**	**1775**	**1601**	**1571**	**410**

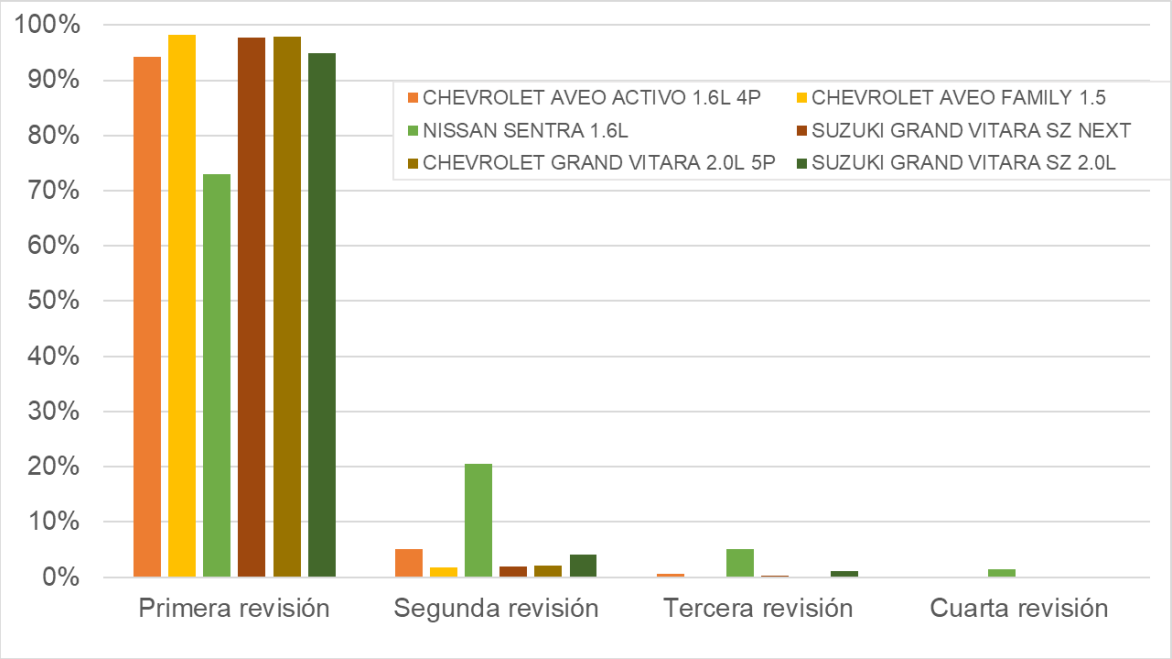


Figura 29. Porcentaje de vehículos de otros usos que aprobaron la RTV según el número de revisión

Entre los vehículos usados como taxis y los de otros usos, se observan ciertas diferencias puntuales. El número de revisiones se reduce a cuatro y más del 90 % de vehículos de los modelos analizados, excepto el Nissan Sentra 1.6L, aprueban en la primera revisión. Hay menos del 6 % que pasa a la segunda revisión y menos del 2 %, a tercera, considerando que la revisión de estos vehículos es de carácter anual.

El modelo Nissan Sentra 1.6L es el único que realiza cuatro revisiones, es decir, acude tres veces más a la RTV. En la primera revisión aprueban más del 70 % de vehículos, en la segunda el 20 %, en la tercera menos del 6 % y en la cuarta menos de 2 %.

3.1.2.7 Reducción de la emisión de contaminantes

En la reducción de la emisión de contaminantes se puede hacer el análisis únicamente para el vehículo en marcha ralentí ya que la base de datos con el vehículo acelerado o a 2500 rpm indica el valor de 0 en CO y HC, como se muestra en el Anexo VII, lo que no correspondería a resultados certeros de la medición de estos gases, por ello, se los descarta.

Para aprobar la RTV en el control de la contaminación, las emisiones deben cumplir con la norma NTE INEN 2204:2002, para una altitud entre 1500 y 3000 msnm que es el caso de la altitud del DMQ, para definir por año de fabricación de acuerdo con los modelos representativos obtenidos son posteriores al 2000, por lo cual, las emisiones deben ser menores a 1 % para CO y menos 200 ppm para HC en ralentí.

En las Tablas 19 y 20, se muestra el promedio de los máximos y mínimos de los resultados de las mediciones de CO y HC en cada revisión del total de vehículos por modelo, los cuales representan el valor promedio de lo que reprueban en la primera revisión y el valor promedio con lo que aprueban en la última revisión, respectivamente.

Se aprecia en la Tabla 19, referente a los vehículos usados como taxis, que el vehículo Nissan Sentra es el que acude un mayor número de veces frente a los dos otros modelos presentados y aún así, en la séptima revisión presenta valores fuera de la norma para aprobar la RTV.

Tabla 19. Promedio de los resultados máximos y mínimos de las emisiones contaminantes para taxis

Número de revisiones	**Mediciones**		**CHEVROLET**		**NISSAN**
			AVEO ACTIVO 1.6L 4P	**AVEO FAMILY 1.5**	**SENTRA 1.6**
			2011	**2015**	**2011**
Primera revisión	CO (%)	**Máximo**	0,11	0,07	0,23
		Mínimo	0,11	0,07	0,23
	HC (ppm)	**Máximo**	35,13	22,38	100,04
		Mínimo	35,13	22,38	100,04
Segunda revisión	CO (%)	**Máximo**	0,22	0,13	0,42
		Mínimo	0,08	0,06	0,10
	HC (ppm)	**Máximo**	54,53	37,16	107,35
		Mínimo	24,70	15,84	41,45
Tercera revisión	CO (%)	**Máximo**	1,24	1,07	1,24
		Mínimo	0,04	0,13	0,07
	HC (ppm)	**Máximo**	192,24	120,00	239,16
		Mínimo	19,55	22,19	42,71
Cuarta revisión	CO (%)	**Máximo**	1,35	1,08	1,97
		Mínimo	0,05	0,29	0,06
	HC (ppm)	**Máximo**	187,75	76,00	603,30
		Mínimo	10,83	2,00	37,60
Quinta revisión	CO (%)	**Máximo**			2,73
		Mínimo			0,04
	HC (ppm)	**Máximo**			306,04
		Mínimo			39,80
Sexta revisión	CO (%)	**Máximo**			1,28
		Mínimo			0,01
	HC (ppm)	**Máximo**			261,60
		Mínimo			23,80

Séptima revisión	CO (%)	**Máximo**			3,13
		Mínimo			0,01
	HC (ppm)	**Máximo**			237,00
		Mínimo			19,00

Tabla 20. Promedio de los resultados máximos y mínimos de las emisiones contaminantes para vehículos de otros usos

Número de revisiones	**Mediciones**		**CHEVROLET**		**SUZUKI**	**CHEVROLET**	**SUZUKI**	**NISSAN**
			AVEO ACTIVO 1.6L 4P	**AVEO FAMILY 1.5**	**GRAND VITARA SZ NEXT**	**GRAND VITARA 2.0L 5P**	**GRAND VITARA SZ 2.0L**	**SENTRA 1.6**
			2011	**2015**	**2015**	**2011**	**2011**	**2011**
Primera revisión	CO (%)	**Máximo**	0,05	0,02	0,04	0,03	0,17	0,10
		Mínimo	0,05	0,02	0,04	0,03	0,17	0,10
	HC (ppm)	**Máximo**	18,64	13,09	18,24	17,82	62,44	62,42
		Mínimo	18,64	13,09	18,24	17,82	62,44	62,42
Segunda revisión	CO (%)	**Máximo**	0,42	0,51	1,28	0,18	1,28	0,99
		Mínimo	0,08	0,06	0,11	0,04	0,13	0,08
	HC (ppm)	**Máximo**	121,50	152,50	160,26	65,26	220,21	195,89
		Mínimo	32,56	22,09	44,34	20,62	68,67	43,30
Tercera revisión	CO (%)	**Máximo**	1,50		1,39	1,30	1,22	1,24
		Mínimo	0,08		0,04	0,01	0,15	0,09
	HC (ppm)	**Máximo**	181,36		134,75	39,00	244,59	285,43
		Mínimo	20,73		48,75	5,00	61,06	53,52
Cuarta revisión	CO (%)	**Máximo**	0,87					0,94
		Mínimo	0,02					0,03
	HC (ppm)	**Máximo**	331,00					199,50
		Mínimo	28,00					29,50

Las Tablas 21 y 22, muestran la reducción de los gases contaminantes según el uso de los vehículos. Los resultados presentados en estas tablas son referentes al total de vehículos analizados ya sean taxis o vehículos de otros usos, por modelo.

Los datos a partir de la segunda revisión representan la reducción de los gases al aplicar la RTV, es decir, los valores que se aprecian son producto de la resta entre el promedio de los máximos de cada revisión menos el promedio de los mínimos, como se explicó en la metodología. Por ejemplo, para el Chevrolet Aveo Activo taxi, en la segunda revisión se tiene la reducción del CO en 0,14%, proveniente de la resta de 0,22%-0,08%, de la tabla

19. Los datos de la primera revisión se toman como valores referenciales, ya que representan los valores promedio con los cuales los vehículos totales de cada modelo pasaron la RTV.

Entonces, en la Tabla 21 referente a los vehículos usados como taxis, se aprecia que la reducción de CO es mayor conforme aumenta el número de revisión, esto en relación con los valores de aprobación de los vehículos que aprobaron en la primera revisión. Por ejemplo, en el modelo Chevrolet Aveo Activo 1.6l 4P, en la segunda revisión se tiene una reducción del 0,14 % de CO y en la cuarta se reduce el 1,31 %. El máximo de la reducción de CO ocurre para el modelo Nissan Sentra 1.6L con 3,12 % en la séptima revisión.

Con los HC no se tiene la misma tendencia descrita para CO, ya que para los modelos de la marca Chevrolet se alcanza la máxima reducción en la cuarta revisión, mientras que para el modelo de la marca Nissan, en la quinta revisión.

Tabla 21. Reducción de emisiones de taxis por modelo y número de revisión

Revisiones	**Mediciones**	**AVEO ACTIVO 1.6L 4P**	**AVEO FAMILY 1.5**	**SENTRA 1.6**
		2011	**2015**	**2011**
Primera revisión	CO (%)	0,11	0,07	0,23
	HC (ppm)	35,13	22,38	100,04
Segunda revisión	CO (%)	0,14	0,07	0,32
	HC (ppm)	29,83	21,33	65,90
Tercera revisión	CO (%)	1,20	0,93	1,16
	HC (ppm)	172,69	97,81	196,45
Cuarta revisión	CO (%)	1,31	0,79	1,92
	HC (ppm)	176,92	74,00	565,70
Quinta revisión	CO (%)			2,68
	HC (ppm)			266,24
Sexta revisión	CO (%)			1,27
	HC (ppm)			237,80
Séptima revisión	CO (%)			3,12
	HC (ppm)			218,00

**Nota:* Los datos de la primera revisión son referenciales y muestran el promedio de los máximos de las mediciones con las que aprobaron los vehículos en la primera revisión.

En la siguiente tabla se muestra la reducción de las emisiones de CO y HC para vehículos con usos diferente a taxi. La máxima reducción para CO ocurre en la tercera revisión para casi todos los modelos y para HC, en la cuarta revisión para el Chevrolet Aveo Activo 1.6L 4P y en la tercera para el Nissan Sentra 1.6L.

Entonces, el valor de la reducción corresponde al valor promedio de CO en % y HC en ppm que debieron disminuir los otros vehículos para aprobar la RTV en la primera revisión.

Tabla 22. Reducción de emisiones de vehículos, sin considerar taxis, por modelo y número de revisión

Revisiones	Mediciones	AVEO ACTIVO 1.6L 4P	AVEO FAMILY 1.5	GRAND VITARA SZ NEXT	GRAND VITARA 2.0L 5P	GRAND VITARA SZ 2.0L	SENTRA 1.6L
		2011	2015	2015	2011	2011	2011
Primera revisión	CO (%)	0,05	0,02	1,51	0,03	0,17	0,10
	HC (ppm)	18,64	13,09	400,00	17,82	62,44	62,42
Segunda revisión	CO (%)	0,34	0,45	1,18	0,13	1,15	0,91
	HC (ppm)	88,94	130,41	115,91	44,65	151,54	152,60
Tercera revisión	CO (%)	1,41		1,35	1,29	1,06	1,15
	HC (ppm)	160,64		86,00	34,00	183,53	231,90
Cuarta revisión	CO (%)	0,85					0,92
	HC (ppm)	303,00					170,00

**Nota:* Los datos de la primera revisión son referenciales y muestran el promedio de los máximos de las mediciones con las que aprobaron los vehículos en la primera revisión.

Al analizar estos resultados con las características definidas en la sección 3.1.2.5 se puede mencionar que a pesar de que todos los modelos analizados poseen un sistema de inyección de combustible multipunto y catalizador como sistema de control de emisiones, los vehículos usados como taxis y otros usos, acuden a más revisiones de las habituales. Especialmente el Nissan Sentra, vehículo que emplea un catalizador de 3 vías, es el que mayor número de revisiones tiene, con los valores más altos, lo que indica alguna falla en el funcionamiento de los sistemas mencionados. Además, al analizar el número de revisiones, el porcentaje de aprobación y la reducción de emisiones por modelo, también se compara esto con la cilindrada, de manera que esta no tiene una relación directa con los parámetros mencionados.

3.2 Conclusiones

El crecimiento del parque vehicular en el DMQ es acelerado y sostenido, teniendo para el 2021 un total de 471 749 vehículos y una tasa de crecimiento anual promedio de 6,75 %. La cantidad de vehículos presentes en el DMQ aportan al parque vehicular nacional y en la provincia de Pichincha en 24,9 % y 77,1 %, respectivamente.

En el DMQ, a escala provincial y nacional, se tiene la presencia mayoritaria de automóviles, seguido de motocicletas, vehículos de carga, buses y los de otra clase (P) (Jeep, furgoneta de pasajeros y SUV). Los automóviles comprendidos por vehículos livianos regulares, intensivos, taxis y taxis EMSAT son más de 400 000 vehículos para el 2019, los cuales emplean como combustible a la gasolina y contribuyen a la emisión de CO, HC, NO_X y SO_2, este último contaminante debido a la comercialización de combustibles con contenido de azufre superior a los 200 ppm.

El análisis histórico de la aplicación de la RTV para el DMQ muestra que del total de vehículos que se presentan a la revisión, la han aprobado en promedio el 86,2 %. El total de revisiones es superior al total de vehículos en todo el período, lo que muestra que algunos vehículos acudieron a la RTV más de una vez, es decir, los defectos encontrados no se solucionaron en la segunda, tercera y cuarta revisión. Sin embargo, no se puede determinar el tipo de defecto por el cual fueron rechazados. En cambio, los vehículos exonerados representan más del 8 %, a lo que se asocia la mayor compra de vehículos en la provincia de Pichincha, lo que a su vez se relaciona con el DMQ ya que constituye más del 70 % del peso vehicular de la provincia.

La tendencia del crecimiento del parque vehicular según el uso a nivel nacional, provincial y local es similar, más del 90 % de vehículos son de uso particular, seguidos del uso de alquiler y estado. Sin embargo, se ha tenido una disminución del número de vehículos de uso particular, frente al aumento de los de alquiler.

Las nuevas tecnologías comprendidas por vehículos híbridos, eléctricos o que emplean GLP, comienzan a tener relevancia desde el 2012 ya que a partir de ese año superan las 1 000 unidades, a pesar de que su crecimiento es lento se aprecia la tendencia hacia la electrificación de los vehículos en el mercado ecuatoriano. Se destaca la preferencia de los vehículos híbridos sobre los eléctricos a escala nacional y provincial. Sin embrago, para evaluar la reducción de las emisiones de este tipo de vehículos en relación con los MCI, se debe realizar un análisis más detallado.

Las ventas anuales de vehículos nuevos aumentaron durante el período 2003 – 2011 en 81 713 vehículos a nivel nacional y en 26 627 vehículos en Pichincha, en ambas escalas espaciales, después del 2013 las ventas tendieron a disminuir a un valor mínimo en 2016, se reactivaron y nuevamente cayeron en un 35,1 % (nacional) y 36,6 % (Pichincha) en el 2020 a causa de la pandemia. Los vehículos más vendidos son los automóviles, suv y camionetas, considerando que en el 2021 los SUV se posicionaron como el vehículo líder de ventas en el mercado ecuatoriano en el 2021.

Entonces, si el crecimiento del parque vehicular del DMQ continúa como lo ha hecho según los registros históricos, es evidente que la aplicación de medidas como la RTV resultaran ineficaces para reducir la emisión de gases contaminantes y por ende, la salud de sus ciudadanos y medio ambiente.

La caracterización del parque vehicular del DMQ para el 2019 se realizó el análisis para un total de 362 247 vehículos con las características de edad del parque, tipo, uso y clase del vehículo, tipo de combustible empleado, marcas y modelos representativos, porcentaje de aprobación de la RTV y análisis de los resultados de la medición de los gases contaminantes (CO y HC).

La caracterización revela que la edad promedio del parque es de 8,79 años, con la existencia mayoritaria de vehículos con año de fabricación entre el 2011 y 2015, y del 2019, los cuales representan el 48,62% del parque vehicular. Los modelos con año de fabricación anterior al 2000 representan el 8,03 % del parque. Hay una presencia marcada de vehículos livianos (90,73 %) que emplean gasolina como combustible (99,93 %), los que aportan a la emisión de CO, HC, NO_X y SO_2, sin embargo, en la RTV se mide únicamente los 2 primeros gases.

Para el 2019 el DMQ contó con un 48 % de automóviles, seguido de un 30 % de SUV's, 11 % de camionetas y 9 % de motos, lo que asevera y complementa los resultados obtenidos en el análisis del crecimiento del parque.

Se determinaron 8 marcas representativas, las dos primeras son Chevrolet y Kia con un porcentaje de aporte del 33 % y 9 % respectivamente. Las marcas Hyundai, Nissan, Toyota, aportan cada una con 8 %, Suzuki y Mazda, con 5 % y Volkswagen con 4 %. Las otras marcas representan el 20 % restante.

Los modelos Chevrolet Aveo Activo 2011, Aveo Family 2015, Grand Vitara 5P 2011, Suzuki Grand Vitara Sz Next 2015 y Grand Vitara Sz 2L 2011, y Nissan Sentra 1.6L, son los 6 modelos representativos que aportan en conjunto en 3,46 % al parque vehicular del DMQ,

los cuales empelan el sistema de inyección electrónica multipunto como sistema de alimentación de combustible y al catalizador como sistema de control de emisiones, lo que les permite tener una mejor dosificación del combustible a la vez de que se reducen los contaminantes, siempre y cuando estos sistemas estén en perfectas condiciones aunque todo esto depende del uso del vehículo.

Los modelos mencionados son usados como taxis, excepto los Grand Vitara, y tienen hasta siete revisiones, considerando que por su uso intensivo deben recurrir dos veces al año a la RTV. La mayoría de los modelos aprueban en la primera revisión habitual, ya sea que deben acudir 2 veces o 1 vez al año a la revisión, y menos del 30 % deben revisarse nuevamente. Los modelos que no son usados como taxis tienen un porcentaje de aprobación mayor al 90 % en la primera revisión, a excepción del Nissan Sentra que posee un porcentaje de 73%.

La reducción de las emisiones al aplicar la RTV es notoria, para los taxis la máxima reducción se da para el Nissan Sentra en 3,12 % de CO en la séptima revisión y 565,7 ppm de HC en la cuarta revisión. Para vehículos de otro uso la máxima reducción para CO ocurre en el Suzuki Grand Vitara Sz Next en 1,41 % en la tercera revisión y para HC, en el modelo Chevrolet Aveo Activo 1.6L 4P en 303 ppm.

De manera general, al evaluar el porcentaje de aprobación según el número de revisiones y la reducción de la emisión de HC y CO, se concluye que el modelo Nissan Sentra 1.6L es el que acude más veces a la RTV por lo que presenta valores más altos de los gases analizados y por ende la reducción de estos es mayor, tomando en cuenta que este modelo emplea como sistema de control de emisiones al catalizador de 3 vías.

3.3 Recomendaciones

- En casos de análisis de datos extensos como lo es el crecimiento del parque vehicular del DMQ desde el 2003 hasta el 2021, se debe plantear con exactitud la información que se requiere por parte de la AMT y solicitarla de forma procesada, así se evita realizar la extrapolación de datos al DMQ a partir de datos nacionales o de la provincia de Pichincha y se mejora la calidad de los resultados. De manera que, para estudios posteriores se sugiere comparar la información descrita en el presente trabajo de integración vehicular referente al crecimiento del parque vehicular del DMQ, frente a la base de datos de la AMT.
- Para la obtención de mejores resultados, realizar un preprocesamiento de toda la base de datos dispuesta, o solicitarla de manera procesada, ya que para el presente

trabajo se depuró únicamente la clase de vehículo y el tipo de combustible empleado para vehículos pesados.

- En el presente estudio se determinó que las bases de datos nacionales y provinciales son de carácter público, lo que permite el libre acceso y procesamiento de la información según se requiera, sin embargo, con los datos de la AMT sucede lo contrario, lo que impide realizar un procesamiento y estudio en todos los temas referentes a la información que la agencia dispone, ya que al momento de solicitar los datos requeridos el tiempo de entrega depende del número de solicitudes que la AMT tenga, el análisis de las mismas, el procesamiento y entrega de la información, tomando en cuenta que una parte de los datos fueron dispuestos 3 meses después de ser solicitados y la otra, 4 meses después.
- Se debe impulsar y exigir el principio de publicidad de la información pública para evitar realizar trámites demorosos, donde la entrega de la información depende de la institución, lo que limita temporalmente el desarrollo de estudios e investigaciones.
- Para el análisis y procesamiento de la información es apropiado revisar los datos ya que en algunos casos estos tienden a discrepar, como ocurrió entre los distintos Anuarios de Transporte del INEC y notificar la existencia de inconsistencias, de ser el caso.
- Para evitar ciertas discrepancias en la presentación de la información por las distintas fuentes de datos y en sí de la información, se debe solicitar la base de datos a un mismo organismo que contenga la información requerida de manera uniformizada, en este caso sería la Agencia Nacional de Tránsito, si se quiere analizar en las tres escalas espaciales (nacional, provincial y local).
- Si bien la AEADE en sus anuarios presenta la información de forma nacional y provincial, para aumentar el nivel de detalle de la presente investigación, es apropiado preguntar y de ser el caso, solicitar la información para el DMQ. Además, como esta asociación también registra el número de vehículos usados vendidos, se puede ampliar el análisis en este sentido.
- Para ampliar el análisis y determinar los defectos por los cuales los vehículos no pasaron la RTV y dieron como resultados “condicionales”, solicitar a la AMT el tipo de defecto para su rechazo. De manera que se puede evaluar si el tipo de defecto encontrado se asocia con las emisiones del vehículo.
- Para evaluar la reducción de las emisiones vehiculares por vehículos híbridos, eléctricos o que emplean GLP es necesario realizar un análisis más puntual

seleccionando una muestra representativa que describa la emisión de los contaminantes de este tipo de vehículos.

- Solicitar nuevamente la base de datos a la AMT del parque vehicular del 2019 para evaluar las emisiones según el uso del vehículo, sistema de alimentación de combustible, aire y sistema de control de emisiones para realizar un análisis más amplio sobre las tecnologías implementadas en el parque vehicular.
- Para profundizar el estudio referente a la caracterización del parque vehicular del DMQ, solicitar nuevamente y de forma puntual las características a evaluar, ya que, para el presente caso, las características que se iban a analizar inicialmente no fueron entregadas. Entonces, se puede hacer una comparativa entre los resultados entre el 2019 (año prepandemia) y años posteriores al 2022.
- Se sugiere realizar el análisis de las mediciones de los gases contaminantes en ralentí y a 2500 rpm para evaluar el comportamiento de las emisiones de los vehículos en esas condiciones.

4 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] WHO, «Billions of people still breathe unhealthy air: new WHO data,» 2022. [En línea]. Available: https://www.who.int/es/news/item/04-04-2022-billions-of-people-still-breathe-unhealthy-air-new-who-data. [Último acceso: 14 junio 2022].

[2] A. Machado, N. García, C. García, L. Acosta, A. Córdova, M. Linares, D. Giraldoth y H. Velásquez, «Contaminación por metales (Pb, Zn, Ni y Cr) en aire, sedimentos viales y suelo en una zona de alto tráfico vehicular,» *Revista Internacional de contaminación ambiental,* vol. 24, nº 4, pp. 171-182, 2008.

[3] UNICEF Ecuador, «El aire que respiramos: Los efectos de la contaminación del aire y del cambio climático en la salud de la niñez en el Ecuador,» 2020. [En línea]. Available: https://www.unicef.org/ecuador/media/6611/file/Ecuador_el_aire_que_respiramos.pdf%20.pdf. [Último acceso: 12 junio 2022].

[4] IHME, «Ecuador,» 2020. [En línea]. Available: https://www.healthdata.org/ecuador?language=149. [Último acceso: 12 junio 2022].

[5] INEC, «Registro Estadístico de Defunciones,» 2021. [En línea]. Available: https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Poblacion_y_Demografia/Defunciones_Generales_2020/boletin_tecnico_edg_2020_v1.pdf.

[6] E. von Schneidemesser, K. Steinmar, E. C. Weatherhead, B. Bonn, H. Gerwig y J. Quedenau, «Air pollution at human scales in an urban environment: Impact of local environment and vehicles on particle number concentrations,» *Science of The Total Environment,* vol. 688, p. 692, 2019.

[7] OICA, «Vehicles in use,» [En línea]. Available: https://www.oica.net/category/vehicles-in-use/. [Último acceso: 14 junio 2022].

[8] INEC, «Anuario de Estadísticas de Transporte, 2020,» 2021. [En línea]. Available: https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_Economicas/Estadistica%20de%20Transporte/2020/2020_ANET_BOLETIN.pdf. [Último acceso: 21 junio 2022].

[9] J. Baca, «Informe final inventario de emisiones de contaminantes criterio, DMQ 2011,» Quito, 2014.

[10] Ministerio del Ambiente, «NORMA DE CALIDAD DEL AIRE AMBIENTE O NIVEL DE INMISIÓN LIBRO VI ANEXO 4,» 2015.

[11] E. Boldo, La contaminación del aire, Madrid: Catarata, 2016.

[12] Ministerio del Ambiente, Plan Nacional de la Calidad del Aire, Quito, 2010, p. 90.

[13] J. Oviedo, «Consultoría: Actualización del Plan de Manejo de la Calidad del Aire 2005 –2010,» Quito, 2015.

[14] D. Cadena y M. Endara, «Elaboración del inventario de emisiones de fuentes móviles en el DMQ año base 2019,» p. 171, 2021.

[15] Secretaría de Movilidad, «Ordenanza que regula la prestación del servicio público de Revisión Técnica Vehicular en el Distrito Metropolitano de Quito y que autoriza su delegación al sector privado,» 2018. [En línea]. Available: https://www7.quito.gob.ec/mdmq_ordenanzas/Comisiones%20del%20Concejo/Movilidad/2018/2018-08-29/3.%20Revisi%C3%B3n%20t%C3%A9cnica%20vehicular/Ordenanza%20-%20revisi%C3%B3n%20t%C3%A9cnica%20vehicular.pdf.

[16] CORPAIRE, «Revisión Técnica Vehicular,» Quito, 2004.

[17] J. Rodríguez, Mantenimiento de sistemas auxiliares del motor de ciclo Otto, Málaga: IC Editorial, 2012, p. 368.

[18] D. Cuevas, El motor de combustión interna y su impacto ambiental, J. Sarmiento, Ed., Córdoba: Editorial Universitas, 2020, p. 134.

[19] E. Secundino, Motores, Madrid: Macmillan Iberia, S.A, 2011, p. 409.

[20] C. Lara, J. Mendoza, M. López, R. Téllez, W. Martínez y E. Alonso, Propuesta metodológica para la estimación de emisiones vehiculares en ciudades de la República Mexicana, Sanfandila: Instituto Mexicano del Transporte, 2009, p. 126.

[21] INE-SEMARNAT, Guía metodológica para la estimación de emisiones vehiculares para ciudades mexicanas, Instituto Nacional de Ecología, Ed., México, 2009, p. 100.

[22] A. de Antonio y M. Muñoz, Motores de combustión interna, Madrid: UNED - Universidad Nacional de Educación a Distancia, 2016, p. 511.

[23] J. López, F. Salvador y R. Novella, Cuestiones y problemas de combustión interna alternativos (2a. ed.), Valencia: Editorial de la Universidad Politécnica de Valencia, 2020, p. 242.

[24] E. Sánchez, Sistemas auxiliares del motor, Madrid: Macmillan Iberia, S.A., 2011, p. 433.

[25] M. Lyu, X. Bao, R. Zhu y R. Matthews, «State-of-the-art outlook for light-duty vehicle emission control standards and technologies in China,» *Springer Nature,* pp. 757-771, 2020.

[26] Department for Environment, Food and Rural Affairs, Scottish Government, Welsh Government y Department of the Environment in Northern Ireland, Non-Exhaust Emissions from Road Traffic, United Kingdom, 2019, p. 93.

[27] INEN, «Gestión ambiental. Aire. Vehículos autormotores. Límites permitidos de emisiones producidas por fuentes móviles terrestres de diésel,» Quito, 2002.

[28] INEN, «Gestión ambiental. Aire. Vehículos automotores. Límites permitidos de emisiones producidas por fuentes móviles terrestres que emplean gasolina.,» Quito, 2017.

[29] AEADE, «Anuario 2021,» 2022. [En línea]. Available: https://www.aeade.net/wp-content/uploads/2022/03/Anuario-Aeade-2021.pdf.

[30] Europa Lehrmittel, Modern Automotive Technology (Vol. 2th), vol. 2, 2014.

[31] AEADE, «Anuario 2020,» 2021. [En línea]. Available: https://www.aeade.net/wp-content/uploads/2021/06/ANUARIO-2020-AEADE.pdf. [Último acceso: 26 junio 2022].

[32] EP Petroecuador, «Plan de implementación nuevas gasolinas,» 2022. [En línea]. Available: https://www.eppetroecuador.ec/wp-content/uploads/downloads/2022/06/PPT-NUEVAS-GASOLINAS.pdf. [Último acceso: 03 agosto 2022].

[33] AEADE, «Anuario 2015,» 2016. [En línea]. Available: http://aeade.net/wp-content/uploads/2016/11/ANUARIO-2015.pdf. [Último acceso: 23 julio 2022].

[34] L. A. Pozo Huertas, Artist, *Carcaterización tecnológica del parque automotor con motor a diésel del Distrito Metropolitano de Quito y propuesta de reforma a la norma de opacidad de vehículos con motor diésel.* [Art]. EPN, 2020.

[35] J. García, Estudio de la inyección diésel mediante la medida del flujo de cantidad de movimiento del chorro, Barcelona: Editorial Reverté, 2015, p. 246.

[36] R. Bosch, Sistemas de inyección diésel por acumulador. Common Rail, Editorial Reverté, 2005.

[37] Secretaría de Territorio, Hábitat y Vivienda, «Plan Metropolitano de Ordenamiento Territorial,» 2012. [En línea]. Available: https://uisrael.edu.ec/wp-content/uploads/2019/10/C_PLANES_LOCALES-_5-min.pdf.

[38] Secretaria de Ambiente del Muncipio del DMQ, Artist, *Plan de Acción de Cambio Climático de Quito 2020 DMQ.* [Art]. 2020.

[39] Quito cómo vamos, «Informe de calidad de vida 2021,» Quito, 2021.

[40] INEC, «Anuario de Transporte 2015,» 2016. [En línea]. Available: https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_Economicas/Estadistica%20de%20Transporte/2015/2015_AnuarioTransportesResultados.pdf.

[41] INEC, «Anuario de Estadísticas de Transporte 2013,» [En línea]. Available: https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_Economicas/Estadistica%20de%20Transporte/Publicaciones/Anuario_de_Estad_de_Transporte_2013.pdf.

[42] INEC, «Anuario de Estadísticas de Transporte 2018-ANET,» 2019. [En línea]. Available: https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_Economicas/Estadistica%20de%20Transporte/2018/2018_ANET_METODOLOGIA.pdf.

[43] D. E. 1196, «REGLAMENTO A LEY DE TRANSPORTE TERRESTRE TRANSITO Y SEGURIDAD VIAL,» 2012.

[44] A. Online, «Automotores Online,» 2011. [En línea]. Available: http://automotoresonline.blogspot.com/2011/03/chevrolet-aveo-lt-16-manual.html. [Último acceso: 07 09 2022].

[45] Chevrolet, «Chevrolet,» [En línea]. Available: https://www.chevrolet.com.ec/content/dam/chevrolet/south-america/ecuador/espanol/index/crossovers-and-suvs/2019-grand-vitara-sz/mov/02-pdfs/manual-grand-vitara-sz-ecuador.pdf. [Último acceso: 07 09 2022].

[46] Coches y concesionarios, «Coches y concesionarios,» [En línea]. Available: https://www.cochesyconcesionarios.com/fichas/suzuki/grand-vitara/149101148-prestaciones-dimensiones.html. [Último acceso: 07 09 2022].

[47] M. Fire, «Nissan Sentra,» 2010. [En línea]. Available: http://www.mediafire.com/file/cl6b70q86enu2xr/Nissan_Sentra_2011_usuario_ing.pdf. [Último acceso: 07 09 2022].

[48] D. González, Mantenimiento de sistemas auxiliares del motor del ciclo otto, Editorial Paraninfo, 2015.

[49] K. M. Khan, M. Weigel, S. Yonts, D. Rohlman y R. Armijos, «Residential exposure to urban traffic is associated with the poorer neurobehavioral health of Ecuadorian schoolchildren,» *NeuroToxicology,* vol. 73, pp. 31-39, 2019.

[50] AEADE, «Sector automotor en cifras - Abril 2022,» 2022. [En línea]. Available: https://www.aeade.net/wp-content/uploads/2022/05/4.-Sector-en-Cifras-Resumen-Abril-1.pdf.

[51] J. Borja, Sistema de transmisión y frenado, Madrid: Macmillan Iberia, S.A., 2009, p. 265.

[52] L. Sánchez, M. Fabela, O. Flores, J. Hernández , D. Vásquez y M. Cruz, «Revisión de la Normativa Internacional sobre límites de emisiones contaminantes de vehículos contaminantes,» Sanfandila, 2019.

[53] INEN, «NTE INEN 2656 Clasificación vehicular. Registro Oficial No. 842,» 2012.

5 ANEXOS

Anexo I. Solicitud de datos a la AMT

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y AMBIENTAL
DECANATO

Oficio No. EPN-FICA-D-026-2022

Quito, 12 de abril de 2022

QUITO AGENCIA METROPOLITANA DE TRÁNSITO AMT RECIBIDO
FECHA 19 ABR 2022
11:52
Recibido por:
No. Hojas: 1 Firma:

Economista
Silvana Vallejo
Directora General Metropolitana de Tránsito
Agencia Metropolitana de Tránsito
Presente.-

De mi consideración:

Con un atento saludo y mis deseos de éxito en sus altas funciones, me dirijo a usted para solicitarle se sirva autorizar el acceso a información estadística de la revisión técnica vehicular a fin de poder desarroliar el proyecto de integración curricular "Estudio de las emisiones vehi-culares en el Distrito Metropolitano de Quito", por parte de las estudiantes de ingeniería am-biental Abigail Pineda, Katherine Ramírez y Yadira Pinchao, que requieren de este trabajo como requisito previo a la obtención de su título profesional.

En específico, los datos requeridos, que serán de uso exclusivamente académico, son los siguientes:

1. Los resultados anuales obtenidos del número de vehículos que han pasado la RTV du-rante el período de estudio (2003-2021) *en todos los Centros de Revisión Técnica Vehi-cular pertenecientes a* la Agencia Metropolitana de Tránsito del DMQ, con indicación del número de revisiones

2. Los criterios técnico-ambientales del parque vehicular desde el año 2003 hasta el 2021 de cada vehículo, en función de la disponibilidad efectiva de la base de datos de la AMT, como son:

a. Número de Placa (necesario para la identificación de cada vehículo estudiado y la comparación de resultados entre distintos años)
✓b. Marca
✓c. Modelo
d. Año de fabricación
e. Tipo de vehículo
f. Subtipo de vehículo
g. Clase del vehículo
h. Subclase del vehículo
i. Kilometraje (dato clave para la determinación de la actividad de los vehículos en el DMQ para el periodo establecido)
✓j. Tipo de combustible
k. Uso del vehículo
l. Organización (cooperativa o compañía) a la que pertenece, en caso de taxis, trans-porte público, etc.
m. Servicio prestado (público, comercial, cuenta propia o particular)

Campus Politécnico "José Rubén Orellana Ricaurte"
Quito - Ecuador

n. Cilindraje/Potencia
o. Capacidad de carga
p. Número de ejes
q. Tipo de Transmisión
r. Sistema de alimentación de combustible
s. Sistema de alimentación de aire
t. Sistema de control de emisiones
u. Clase de transporte
v. Tipo de transporte
w. Ámbito de operación
x. Emisiones según tipo de combustible

Los detalles más específicos sobre este pedido y los términos de entrega de información, pueden ser coordinados directamente con:

- Diana Abigail Pineda
  0992079965

- Katherine Ramírez
  0984954374

Seguro de su gentil atención, anticipo mis agradecimientos.

Atentamente,

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y AMBIENTAL
DECANO
Quito - Ecuador

Ing. Germán Luna H., MBA
Decano de la Facultad de Ingeniería Civil y Ambiental
ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

Anexo II. Respuesta AMT

INFORME

AGENCIA METROPOLITANA DE TRÁNSITO

COORDINACIÓN GENERAL DE REGISTRO Y ADMINISTRACIÓN VEHICULAR

INFORMACIÓN DE REVISIÓN TÉCNICA VEHICULAR

Oficio Nro. EPN-FICA-D-026-2022
(Trámite: GADDMQ-AMT-CGRAV-2022-1447-E)

21 – JUNIO - 2022

I. ANTECEDENTE:

En referencia al oficio Nro. EPN-FICA-D-026-2022 (Trámite: **GADDMQ-AMT-CGRAV-2022-1447-E**), dirigido a Laura Silvana Vallejo Páez, Directora General Metropolitana de Tránsito, remitido por el ingeniero Germán Luna, Decano de la Facultad de Ingeniería Civil y Ambiental, mediante el cual solicitó:

"(...) acceso a información estadística de la revisión técnica vehicular a fin de poder desarrollar el proyecto de integración curricular "Estudio de las emisiones vehiculares en el Distrito Metropolitano de Quito", por parte de las estudiantes de ingeniería ambiental Abigail Pineda, Katherine Ramirez y Yadira Pinchao, que requieren de este trabajo como requisito previo a la obtención de su título profesional.

En específico, los datos requeridos, que serán de uso exclusivamente académico, son los siguientes:

1. *Los resultados Anuales obtenidos del número de vehículos que han pasado la RTV durante el periodo de estudio (2003-2021) en todos los Centros de Revisión Técnica Vehicular pertenecientes a la Agencia Metropolitana de tránsito del DMQ, con indicación del número de revisiones.*
2. *Los criterios técnico ambientales del parque vehicular desde el año 2003 hasta el 2021 de cada vehículo, en función de la disponibilidad efectiva de la base de datos de la AMT, (...)"*

II. BASE LEGAL:

CONSTITUCIÓN DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR

El artículo 226 dispone: *"Las instituciones del Estado, sus organismos, dependencias, las servidoras o servidores públicos y las personas que actúen en virtud de una potestad estatal ejercerán solamente las competencias y facultades que les sean atribuidas en la Constitución y la ley. Tendrán el deber de coordinar acciones para el cumplimiento de sus fines y hacer efectivo el goce y ejercicio de los derechos reconocidos en la Constitución"*

III. ANALISIS:

3.1. Adjunto sírvase encontrar en formato (.xlsx) el número de revisiones por tipo de vehículo desde el 2003 al 2021.

3.2. En cuanto a los criterios técnicos ambientales del parque vehicular desde el año 2003 hasta el 2021 de cada vehículo, en función de la disponibilidad efectiva de la base de datos de la AMT, se remite con la siguiente información:

a. Numero único en reemplazo de placa
b. Marca
c. Modelo

d. año de fabricación
e. Tipo de vehículo
f. Subtipo de vehículo
g. Clase del vehículo
h. Subclase del vehículo
i. Kilometraje
j. Tipo de combustible
k. Número de ejes
l. Emisiones según tipo de combustible

Considerando la cantidad de datos que resulta del número de revisiones que en promedio al año son de unas 600 mil, multiplicadas por los 12 ítems de detalle, más el periodo de 2003 al 2021; es una información extensa por lo que, para procesarla se recomienda se realice un análisis y reconsideración del periodo de la información que se solicita.

IV. CONCLUSIÓN:

Con el fin de atender el requerimiento realizado adjunto sírvase encontrar la información requerida conforme el análisis realizado.

V. FIRMAS:

Elaborado por:	Revisado y Aprobado por:
SYLVIA GABRIELA CHANATAXI CASTANEDO	LETTY YAJAIRA ANDRADE ESPINOZA
Mgs. Gabriela Chanataxi **Directora de Revisión Técnica Vehicular-CGRAV-AMT**	Ing. Letty Andrade **Coordinadora General de Registro y Administración Vehicular-AMT**

Anexo III. Solicitud de datos reformulada

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y AMBIENTAL
DECANATO

Oficio No. EPN-FICA-D-035-2022

Quito, 05 de julio de 2022

Economista
Silvana Vallejo
DIRECTORA GENERAL METROPOLITANA DE TRÁNSITO
AGENCIA METROPOLITANA DE TRÁNSITO
Presente.

De mi consideración:

Con fecha 19 de abril del 2022 ingresó a la AMT el Oficio No. EPN-FICA-D-026-2022 mediante el cual le solicitaba su autorización para el acceso a la información estadística de la revisión técnica vehicular, con la finalidad de analizarla en el marco de un proyecto de integración curricular de estudiantes de la Carrera de Ingeniería Ambiental de la Facultad de Ingeniería Civil y Ambiental de la Escuela Politécnica Nacional.

A la vez que agradecer la gentil respuesta contenida en el Informe (Trámite: GADDMQ-AMT-CGRAV-2022-1447-E) del 21 de junio del 2022, suscrito por la Ing. Letty Andrade, coordinadora general de registro y administración vehicular y la Mgs. Gabriela Chanataxi, directora de revisión técnica vehicular, y atendiendo al pedido de "reconsideración del período" debido a la extensión de la base de datos, solicito la entrega de la información pendiente correspondiente a los años 2018 y 2019, en lugar del período 2003 – 2021, originalmente requerido.

Los detalles de esta solicitud pueden ser coordinados directamente con las estudiantes interesadas: Abigail Pineda (cel: 0992079965) o Katherine Ramírez (cel: 0984954374).

Seguro de su atención, me suscribo.

Atentamente,

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y AMBIENTAL
DECANO
Quito - Ecuador

Ing. Germán Luna H., MBA
Decano de la Facultad de Ingeniería Civil y Ambiental
ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

Campus Politécnico "José Rubén Orellana Ricaurte"
Dirección: Ladrón de Guevara E11-253 Teléfono: (02) 297 6300
Quito - Ecuador

Anexo IV. Ejemplo de segunda entrega de datos AMT

Identificación	MARCA	MODELO	Año de fabricación	Tipo	Column5.1	Clase	Subclase	Subtipo	Combustible	Gases	Resultado	Año RTV
13319693	CHEVROLET	AVEO FAMILY STD 1.5	2019	LIVIANO	LIVIANO	AUTOMOVIL 4 TIEMPOS			OTT	MONOXIDO DE CARBONO (CO) RALENTI	.01	2019
13343668	CHEVROLET	AVEO FAMILY STD 1.5	2019	LIVIANO	LIVIANO	AUTOMOVIL 4 TIEMPOS			OTT	MONOXIDO DE CARBONO (CO) RALENTI	.01	2019
13248619	CHEVROLET	AVEO FAMILY STD 1.5	2019	LIVIANO	LIVIANO	AUTOMOVIL 4 TIEMPOS			OTT	MONOXIDO DE CARBONO (CO) RALENTI	.01	2019
13400824	CHEVROLET	AVEO FAMILY STD 1.5	2019	LIVIANO	LIVIANO	AUTOMOVIL 4 TIEMPOS			OTT	MONOXIDO DE CARBONO (CO) RALENTI	.01	2019
13343363	CHEVROLET	AVEO FAMILY STD 1.5	2019	LIVIANO	LIVIANO	AUTOMOVIL 4 TIEMPOS			OTT	MONOXIDO DE CARBONO (CO) RALENTI	.01	2019
13268310	CHEVROLET	AVEO FAMILY STD 1.5	2019	LIVIANO	LIVIANO	AUTOMOVIL 4 TIEMPOS			OTT	MONOXIDO DE CARBONO (CO) RALENTI	.01	2019
13343505	CHEVROLET	AVEO FAMILY STD 1.5	2019	LIVIANO	LIVIANO	AUTOMOVIL 4 TIEMPOS			OTT	MONOXIDO DE CARBONO (CO) RALENTI	.01	2019
13398007	CHEVROLET	AVEO FAMILY STD 1.5	2019	LIVIANO	LIVIANO	AUTOMOVIL 4 TIEMPOS			OTT	MONOXIDO DE CARBONO (CO) RALENTI	.01	2019
13388776	CHEVROLET	AVEO FAMILY STD 1.5	2019	LIVIANO	LIVIANO	AUTOMOVIL 4 TIEMPOS			OTT	MONOXIDO DE CARBONO (CO) RALENTI	.01	2019
13408430	CHEVROLET	AVEO FAMILY STD 1.5	2019	LIVIANO	LIVIANO	AUTOMOVIL 4 TIEMPOS			OTT	MONOXIDO DE CARBONO (CO) RALENTI	.01	2019
13325497	CHEVROLET	AVEO FAMILY STD 1.5	2019	LIVIANO	LIVIANO	AUTOMOVIL 4 TIEMPOS			OTT	MONOXIDO DE CARBONO (CO) RALENTI	.01	2019
13343572	CHEVROLET	AVEO FAMILY STD 1.5	2019	LIVIANO	LIVIANO	AUTOMOVIL 4 TIEMPOS			OTT	MONOXIDO DE CARBONO (CO) RALENTI	.01	2019
13371984	CHEVROLET	AVEO FAMILY STD 1.5	2019	LIVIANO	LIVIANO	AUTOMOVIL 4 TIEMPOS			OTT	MONOXIDO DE CARBONO (CO) RALENTI	.01	2019
13406513	CHEVROLET	AVEO FAMILY STD 1.5	2019	LIVIANO	LIVIANO	AUTOMOVIL 4 TIEMPOS			OTT	MONOXIDO DE CARBONO (CO) RALENTI	.01	2019
13408358	CHEVROLET	AVEO FAMILY STD 1.5	2019	LIVIANO	LIVIANO	AUTOMOVIL 4 TIEMPOS			OTT	MONOXIDO DE CARBONO (CO) RALENTI	.01	2019
13404002	CHEVROLET	AVEO FAMILY STD 1.5	2019	LIVIANO	LIVIANO	AUTOMOVIL 4 TIEMPOS			OTT	MONOXIDO DE CARBONO (CO) RALENTI	.01	2019
13268322	CHEVROLET	AVEO FAMILY STD 1.5	2019	LIVIANO	LIVIANO	AUTOMOVIL 4 TIEMPOS			OTT	MONOXIDO DE CARBONO (CO) RALENTI	.01	2019
13343565	CHEVROLET	AVEO FAMILY STD 1.5	2019	LIVIANO	LIVIANO	AUTOMOVIL 4 TIEMPOS			OTT	MONOXIDO DE CARBONO (CO) RALENTI	.01	2019
13397924	CHEVROLET	AVEO FAMILY STD 1.5	2019	LIVIANO	LIVIANO	AUTOMOVIL 4 TIEMPOS			OTT	MONOXIDO DE CARBONO (CO) RALENTI	.01	2019
13343563	CHEVROLET	AVEO FAMILY STD 1.5	2019	LIVIANO	LIVIANO	AUTOMOVIL 4 TIEMPOS			OTT	MONOXIDO DE CARBONO (CO) RALENTI	.01	2019
13305784	CHEVROLET	AVEO FAMILY STD 1.5	2019	LIVIANO	LIVIANO	AUTOMOVIL 4 TIEMPOS			OTT	MONOXIDO DE CARBONO (CO) RALENTI	.01	2019
13381091	CHEVROLET	AVEO FAMILY STD 1.5	2019	LIVIANO	LIVIANO	AUTOMOVIL 4 TIEMPOS			OTT	MONOXIDO DE CARBONO (CO) RALENTI	.01	2019
13403123	CHEVROLET	AVEO FAMILY STD 1.5	2019	LIVIANO	LIVIANO	AUTOMOVIL 4 TIEMPOS			OTT	MONOXIDO DE CARBONO (CO) RALENTI	.01	2019
13408424	CHEVROLET	AVEO FAMILY STD 1.5	2019	LIVIANO	LIVIANO	AUTOMOVIL 4 TIEMPOS			OTT	MONOXIDO DE CARBONO (CO) RALENTI	.01	2019
13343516	CHEVROLET	AVEO FAMILY STD 1.5	2019	LIVIANO	LIVIANO	AUTOMOVIL 4 TIEMPOS			OTT	MONOXIDO DE CARBONO (CO) RALENTI	.01	2019
13404052	CHEVROLET	AVEO FAMILY STD 1.5	2019	LIVIANO	LIVIANO	AUTOMOVIL 4 TIEMPOS			OTT	MONOXIDO DE CARBONO (CO) RALENTI	.01	2019
13404036	CHEVROLET	AVEO FAMILY STD 1.5	2019	LIVIANO	LIVIANO	AUTOMOVIL 4 TIEMPOS			OTT	MONOXIDO DE CARBONO (CO) RALENTI	.01	2019
13357859	CHEVROLET	AVEO FAMILY STD 1.5	2019	LIVIANO	LIVIANO	AUTOMOVIL 4 TIEMPOS			OTT	MONOXIDO DE CARBONO (CO) RALENTI	.01	2019
13406564	CHEVROLET	AVEO FAMILY STD 1.5	2019	LIVIANO	LIVIANO	AUTOMOVIL 4 TIEMPOS			OTT	MONOXIDO DE CARBONO (CO) RALENTI	.01	2019
13421914	CHEVROLET	AVEO FAMILY STD 1.5	2019	LIVIANO	LIVIANO	AUTOMOVIL 4 TIEMPOS			OTT	MONOXIDO DE CARBONO (CO) RALENTI	.01	2019
13325437	CHEVROLET	AVEO FAMILY STD 1.5	2019	LIVIANO	LIVIANO	AUTOMOVIL 4 TIEMPOS			OTT	MONOXIDO DE CARBONO (CO) RALENTI	.01	2019
13400827	CHEVROLET	AVEO FAMILY STD 1.5	2019	LIVIANO	LIVIANO	AUTOMOVIL 4 TIEMPOS			OTT	MONOXIDO DE CARBONO (CO) RALENTI	.01	2019
13402188	CHEVROLET	AVEO FAMILY STD 1.5	2019	LIVIANO	LIVIANO	AUTOMOVIL 4 TIEMPOS			OTT	MONOXIDO DE CARBONO (CO) RALENTI	.01	2019
13386087	CHEVROLET	AVEO FAMILY STD 1.5	2019	LIVIANO	LIVIANO	AUTOMOVIL 4 TIEMPOS			OTT	MONOXIDO DE CARBONO (CO) RALENTI	.01	2019
13406600	CHEVROLET	AVEO FAMILY STD 1.5	2019	LIVIANO	LIVIANO	AUTOMOVIL 4 TIEMPOS			OTT	MONOXIDO DE CARBONO (CO) RALENTI	.01	2019
13386065	CHEVROLET	AVEO FAMILY STD 1.5	2019	LIVIANO	LIVIANO	AUTOMOVIL 4 TIEMPOS			OTT	MONOXIDO DE CARBONO (CO) RALENTI	.01	2019
13406493	CHEVROLET	AVEO FAMILY STD 1.5	2019	LIVIANO	LIVIANO	AUTOMOVIL 4 TIEMPOS			OTT	MONOXIDO DE CARBONO (CO) RALENTI	.01	2019
13388778	CHEVROLET	AVEO FAMILY STD 1.5	2019	LIVIANO	LIVIANO	AUTOMOVIL 4 TIEMPOS			OTT	MONOXIDO DE CARBONO (CO) RALENTI	.01	2019
13403112	CHEVROLET	AVEO FAMILY STD 1.5	2019	LIVIANO	LIVIANO	AUTOMOVIL 4 TIEMPOS			OTT	MONOXIDO DE CARBONO (CO) RALENTI	.01	2019
13343558	CHEVROLET	AVEO FAMILY STD 1.5	2019	LIVIANO	LIVIANO	AUTOMOVIL 4 TIEMPOS			OTT	MONOXIDO DE CARBONO (CO) RALENTI	.01	2019
13386096	CHEVROLET	AVEO FAMILY STD 1.5	2019	LIVIANO	LIVIANO	AUTOMOVIL 4 TIEMPOS			OTT	MONOXIDO DE CARBONO (CO) RALENTI	.01	2019
13386088	CHEVROLET	AVEO FAMILY STD 1.5	2019	LIVIANO	LIVIANO	AUTOMOVIL 4 TIEMPOS			OTT	MONOXIDO DE CARBONO (CO) RALENTI	.01	2019
13400833	CHEVROLET	AVEO FAMILY STD 1.5	2019	LIVIANO	LIVIANO	AUTOMOVIL 4 TIEMPOS			OTT	MONOXIDO DE CARBONO (CO) RALENTI	.01	2019
13408423	CHEVROLET	AVEO FAMILY STD 1.5	2019	LIVIANO	LIVIANO	AUTOMOVIL 4 TIEMPOS			OTT	MONOXIDO DE CARBONO (CO) RALENTI	.01	2019
13406483	CHEVROLET	AVEO FAMILY STD 1.5	2019	LIVIANO	LIVIANO	AUTOMOVIL 4 TIEMPOS			OTT	MONOXIDO DE CARBONO (CO) RALENTI	.01	2019
13400825	CHEVROLET	AVEO FAMILY STD 1.5	2019	LIVIANO	LIVIANO	AUTOMOVIL 4 TIEMPOS			OTT	MONOXIDO DE CARBONO (CO) RALENTI	.01	2019
13408355	CHEVROLET	AVEO FAMILY STD 1.5	2019	LIVIANO	LIVIANO	AUTOMOVIL 4 TIEMPOS			OTT	MONOXIDO DE CARBONO (CO) RALENTI	.01	2019
13429804	CHEVROLET	AVEO FAMILY STD 1.5	2019	LIVIANO	LIVIANO	AUTOMOVIL 4 TIEMPOS			OTT	MONOXIDO DE CARBONO (CO) RALENTI	.01	2019
13391629	CHEVROLET	AVEO FAMILY STD 1.5	2019	LIVIANO	LIVIANO	AUTOMOVIL 4 TIEMPOS			OTT	MONOXIDO DE CARBONO (CO) RALENTI	.01	2019
13391620	CHEVROLET	AVEO FAMILY STD 1.5	2019	LIVIANO	LIVIANO	AUTOMOVIL 4 TIEMPOS			OTT	MONOXIDO DE CARBONO (CO) RALENTI	.01	2019
13343448	CHEVROLET	AVEO FAMILY STD 1.5	2019	LIVIANO	LIVIANO	AUTOMOVIL 4 TIEMPOS			OTT	MONOXIDO DE CARBONO (CO) RALENTI	.01	2019
13391630	CHEVROLET	AVEO FAMILY STD 1.5	2019	LIVIANO	LIVIANO	AUTOMOVIL 4 TIEMPOS			OTT	MONOXIDO DE CARBONO (CO) RALENTI	.01	2019
13391636	CHEVROLET	AVEO FAMILY STD 1.5	2019	LIVIANO	LIVIANO	AUTOMOVIL 4 TIEMPOS			OTT	MONOXIDO DE CARBONO (CO) RALENTI	.01	2019

Anexo V. Ejemplo de los primeros datos dispuestos por la AMT

Año 2003

O0DE0VEHICU	Total0Revisiones	Total0Vehìculos	APROBADOS		CONDICIONALES		EXONERADOS	
			Numero00	Porcentaje	Numero00	Porcentaje	Numero0	Porcentaje0
LIVIANOS0RE	206,400	154,607	149,671	96.81	4,936	3.19	0	0
MOTOS	4,579	3,902	3,850	98.67	52	1.33	0	0
REMOLQUE	0	0	0	0	0	0	0	0
TAXIS0EMSAT	627	567	566	99.82	1	0.18	0	0
TAXIS	87	78	76	97.44	2	2.56	0	0
BUS0INTERPA	76	33	33	100	0	0	0	0
BUS0INTERPR	17	10	9	90	1	10	0	0
BUS0INTERCA	114	53	53	100	0	0	0	0
BUS0URBANO	742	386	365	94.56	21	5.44	0	0
BUS0OTROS	7,038	3,286	2,996	91.17	290	8.83	0	0
BUS0ARTICUL	174	152	152	100	0	0	0	0
BUS0TURISMO	3	3	3	100	0	0	0	0
CARGA	8,663	6,038	5,590	92.58	448	7.42	0	0
ESCOLARES	864	625	622	99.52	3	0.48	0	0
LIVIANOS0INT	401	283	275	97.17	8	2.83	0	0
TOTAL	229,785	170023	164,261	96.61	5,762	3.39	0	0

Año 2004

O0DE0VEHICU	Total0Revisiones	Total0Vehìculos	APROBADOS		CONDICIONALES		EXONERADOS	
			Numero00	Porcentaje	Numero00	Porcentaje	Numero0	Porcentaje0
LIVIANOS0RE	222,465	158,308	154,556	97.63	3,749	2.37	3	0.002
MOTOS	8,055	5,225	4,949	94.72	276	5.28	0	0
REMOLQUE	0	0	0	0	0	0	0	0
TAXIS0EMSAT	885	747	747	100	0	0	0	0
TAXIS	130	102	98	96.08	4	3.92	0	0
BUS0INTERPA	128	39	36	92.31	3	7.69	0	0
BUS0INTERPR	31	15	15	100	0	0	0	0
BUS0INTERCA	240	91	88	96.7	3	3.3	0	0
BUS0URBANO	1,756	641	617	96.26	24	3.74	0	0
BUS0OTROS	10,829	3,537	3,227	91.24	310	8.76	0	0
BUS0ARTICUL	181	154	154	100	0	0	0	0
BUS0TURISMO	10	6	6	100	0	0	0	0
CARGA	11,950	6,994	6,433	91.98	561	8.02	0	0
ESCOLARES	1,871	858	836	97.44	22	2.56	0	0
LIVIANOS0INT	667	360	355	98.61	5	1.39	0	0
TOTAL	259,198	177077	172,117	97.2	4,957	2.8	3	0.002

Anexo VI. Número de vehículos y porcentaje por modelo

Marca	Modelo	Año de fabricación	Número de vehículos	Porcentaje de aporte por marca	Porcentaje de aporte DMQ
CHEVROLET	AVEO FAMILY 1.5L	2010	501	0,46 %	0,15 %
		2011	1371	1,25 %	0,41 %
		2012	1694	1,54 %	0,51 %
		2013	2097	1,91 %	0,63 %
		2014	1843	1,68 %	0,56 %
		2015	2489	2,26 %	0,75 %
		2016	1005	0,91 %	0,30 %
		2017	335	0,30 %	0,10 %
		2018	475	0,43 %	0,14 %
		2019	1451	1,32 %	0,44 %
		Total	13261	12,06 %	4,00 %
	AVEO ACTIVO 1.6L 4P	2009	1499	1,25 %	0,45 %
		2010	1651	1,54 %	0,50 %
		2011	2599	1,91 %	0,78 %
		2012	1160	1,68 %	0,35 %
		Total	6909	6,37 %	2,09 %
	GRAND VITARA 2.0L 5P	1999	1	0,00 %	0,00 %
		2000	25	0,02 %	0,01 %
		2001	130	0,12 %	0,04 %
		2002	63	0,06 %	0,02 %
		2003	75	0,07 %	0,02 %
		2004	110	0,10 %	0,03 %
		2005	218	0,20 %	0,07 %
		2006	346	0,31 %	0,10 %
		2007	478	0,43 %	0,14 %
		2008	410	0,37 %	0,12 %
		2009	517	0,47 %	0,16 %
		2010	780	0,71 %	0,24 %
		2011	1601	1,46 %	0,48 %
		2012	1458	1,33 %	0,44 %
		Total	6212	5,65 %	1,88 %
	SPARK 5P STD 1.0L	2004	18	0,02 %	0,01 %
		2005	221	0,20 %	0,07 %
		2006	356	0,32 %	0,11 %
		2007	520	0,47 %	0,16 %
		2008	375	0,34 %	0,11 %
		2009	592	0,54 %	0,18 %
		2010	484	0,44 %	0,15 %
		2011	771	0,70 %	0,23 %
		2012	1107	1,01 %	0,33 %
		2014	305	0,28 %	0,09 %

		2015	333	0,30 %	0,10 %
		Total	5082	4,62 %	1,53 %
KIA	RIO STYLUS LS AC	2008	1	0,00 %	0,00 %
		2009	117	0,41 %	0,04 %
		2010	319	1,11 %	0,10 %
		2011	268	0,94 %	0,08 %
		2012	110	0,38 %	0,03 %
		2013	1254	4,38 %	0,38 %
		2014	3	0,01 %	0,00 %
		Total	2072	7,24 %	0,63 %
	SPORTA GE LX DAB AC	2014	497	1,74 %	0,15 %
		2015	965	3,37 %	0,29 %
		2016	183	0,64 %	0,06 %
		Total	1645	5,75 %	0,50 %
HYUNDAI	ACCENT 1.6 4P 4X2	2014	673	2,36 %	0,20 %
		2015	437	1,53 %	0,13 %
		2016	453	1,59 %	0,14 %
		2017	159	0,56 %	0,05 %
		2018	394	1,38 %	0,12 %
		2019	224	0,79 %	0,07 %
		Total	2340	8,22 %	0,71 %
	TUCSON 5P 4X2 2.0	2009	871	3,06 %	0,26 %
		2010	1118	3,93 %	0,34 %
		2012	2	0,01 %	0,00 %
		2013	35	0,12 %	0,01 %
		Total	2026	7,12 %	0,61 %
NISSAN	SENTRA 1.6	2001	24	0,09 %	0,01 %
		2002	101	0,37 %	0,03 %
		2003	102	0,37 %	0,03 %
		2004	73	0,27 %	0,02 %
		2005	245	0,89 %	0,07 %
		2006	224	0,82 %	0,07 %
		2007	355	1,29 %	0,11 %
		2008	565	2,06 %	0,17 %
		2009	932	3,39 %	0,28 %
		2010	1134	4,13 %	0,34 %
		2011	1421	5,17 %	0,43 %
		2012	651	2,37 %	0,20 %
		2013	6	0,02 %	0,00 %
		Total	5833	21,23 %	1,76 %
	TIIDA 1.6	2006	1	0,00 %	0,00 %
		2007	13	0,05 %	0,00 %
		2008	90	0,33 %	0,03 %
		2009	231	0,84 %	0,07 %
		2010	257	0,94 %	0,08 %

		2011	426	1,55 %	0,13 %
		2012	217	0,79 %	0,07 %
		Total	1235	4,49 %	0,37 %
TOYOTA	ETT HILUX 4X2 CD	2007	8	0,03 %	0,00 %
		2008	354	1,38 %	0,11 %
		2009	348	1,36 %	0,11 %
		2010	287	1,12 %	0,09 %
		2011	501	1,95 %	0,15 %
		2012	340	1,32 %	0,10 %
		2013	488	1,90 %	0,15 %
		Total	2326	9,06 %	0,70 %
	FORTUNER AC 2.7 5P	2013	1	0,00 %	0,00 %
		2014	538	2,10 %	0,16 %
		2015	498	1,94 %	0,15 %
		2016	102	0,40 %	0,03 %
		2018	3	0,01 %	0,00 %
		2019	1	0,00 %	0,00 %
		Total	1143	4,45 %	0,35 %
SUZUKI	GRAND VITARA SZ 2.0L	2008	10	0,06 %	0,00 %
		2009	1247	7,80 %	0,38 %
		2010	1155	7,22 %	0,35 %
		2011	1571	9,82 %	0,47 %
		2012	1025	6,41 %	0,31 %
		Total	5008	31,31 %	1,51 %
	GRAND VITARA SZ NEXT	2014	1	0,01 %	0,00 %
		2015	1775	11,10 %	0,54 %
		2016	1669	10,43 %	0,50 %
		2017	172	1,08 %	0,05 %
		2018	59	0,37 %	0,02 %
		2019	178	1,11 %	0,05 %
		Total	3854	24,10 %	1,16 %
MAZDA	BT-50 CD 4X2 STD GAS	2009	250	1,58 %	0,08 %
		2010	260	1,64 %	0,08 %
		2011	273	1,72 %	0,08 %
		2012	281	1,77 %	0,08 %
		Total	1064	6,71 %	0,32 %
	ALLEGRO SEDAN 1.6	2001	36	0,23 %	0,01 %
		2002	6	0,04 %	0,00 %
		2003	68	0,43 %	0,02 %
		2004	63	0,40 %	0,02 %
		2005	86	0,54 %	0,03 %
		2006	106	0,67 %	0,03 %
		2007	168	1,06 %	0,05 %
		2008	175	1,10 %	0,05 %
		2009	12	0,08 %	0,00 %

		Total	720	4,54 %	0,22 %
VOLKSWAGEN	ESCARABAJO	1955	1	0,01 %	0,00 %
		1957	1	0,01 %	0,00 %
		1958	1	0,01 %	0,00 %
		1959	7	0,05 %	0,00 %
		1960	4	0,03 %	0,00 %
		1961	3	0,02 %	0,00 %
		1962	2	0,01 %	0,00 %
		1963	1	0,01 %	0,00 %
		1964	13	0,09 %	0,00 %
		1965	17	0,12 %	0,01 %
		1966	13	0,09 %	0,00 %
		1967	14	0,10 %	0,00 %
		1968	20	0,15 %	0,01 %
		1969	32	0,23 %	0,01 %
		1970	24	0,17 %	0,01 %
		1971	17	0,12 %	0,01 %
		1972	26	0,19 %	0,01 %
		1973	71	0,52 %	0,02 %
		1974	152	1,11 %	0,05 %
		1975	45	0,33 %	0,01 %
		1976	3	0,02 %	0,00 %
		1977	29	0,21 %	0,01 %
		1978	54	0,39 %	0,02 %
		1979	87	0,63 %	0,03 %
		1980	64	0,47 %	0,02 %
		1981	69	0,50 %	0,02 %
		1982	24	0,17 %	0,01 %
		1985	1	0,01 %	0,00 %
		1986	5	0,04 %	0,00 %
		1987	1	0,01 %	0,00 %
		1992	4	0,03 %	0,00 %
		1995	1	0,01 %	0,00 %
		1996	12	0,09 %	0,00 %
		1997	51	0,37 %	0,02 %
		1998	30	0,22 %	0,01 %
		1999	6	0,04 %	0,00 %
		Total	905	6,59 %	0,27 %
	GOL 1.8 4P SPORT	2002	191	1,39 %	0,06 %
		2003	238	1,73 %	0,07 %
		2004	102	0,74 %	0,03 %
		2005	105	0,76 %	0,03 %
		Total	636	4,63 %	0,19 %

Anexo VII. Datos de la medición de emisiones a 2500 rpm

MARCA	Varios elementos
AÑO	Varios elementos
MODELO	Varios elementos
USO	(Todas)

Etiquetas de fila	Etiquetas de columna Cuenta de MODELO HIDROCARBUROS NO COMBUSTIONADOS (HC) 2500 RPM	MONOXIDO DE CARBONO (CO) 2500 RPM	Mín. de RESULT HIDROCARBUROS NO COMBUSTIONADOS (HC) 2500 RPM	MONOXIDO DE CARBONO (CO) 2500 RPM	Máx. de RESULT2 HIDROCARBUROS NO COMBUSTIONADOS (HC) 2500 RPM	MONOXIDO DE CARBONO (CO) 2500 RPM	Total Cuenta de MODELO	Total Mín. de RESULT	Total Máx. de RESULT2
2348381	4	4	0	0	0	0	8	0	0
2302782	4	4	0	0	0	0	8	0	0
2276732	4	4	0	0	0	0	8	0	0
2278795	4	4	0	0	0	0	8	0	0
2183008	4	4	0	0	0	0	8	0	0
2179074	4	4	0	0	0	0	8	0	0
2168033	4	4	0	0	0	0	8	0	0
2182961	4	4	0	0	0	0	8	0	0
2163575	4	4	0	0	0	0	8	0	0
2142640	4	4	0	0	0	0	8	0	0
2142632	4	4	0	0	0	0	8	0	0
2152228	4	4	0	0	0	0	8	0	0
2141961	4	4	0	0	0	0	8	0	0
2366789	3	3	0	0	0	0	6	0	0
2360592	3	3	0	0	0	0	6	0	0
2596306	3	3	0	0	0	0	6	0	0
2360574	3	3	0	0	0	0	6	0	0
2349799	3	3	0	0	0	0	6	0	0
2361554	3	3	0	0	0	0	6	0	0
2351218	3	3	0	0	0	0	6	0	0
2375184	3	3	0	0	0	0	6	0	0
2353429	3	3	0	0	0	0	6	0	0
2354599	3	3	0	0	0	0	6	0	0
2355556	3	3	0	0	0	0	6	0	0
2310306	3	3	0	0	0	0	6	0	0
2301889	3	3	0	0	0	0	6	0	0
2310326	3	3	0	0	0	0	6	0	0
2327450	3	3	0	0	0	0	6	0	0
2331970	3	3	0	0	0	0	6	0	0
2335548	3	3	0	0	0	0	6	0	0