



ANÁLISIS DE IMPACTO NORMATIVO

Emisiones generadas por fuentes móviles

Análisis de Impacto Normativo Final

Este documento presenta el análisis de impacto de la regulación propuesta para la actualización de la norma nacional de emisiones generadas por fuentes móviles en el territorio nacional, a partir de una evaluación costo-beneficio.



MinAmbiente 2020

TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	3
2. ANTECEDENTES	4
2.1. Antecedentes normativos y de política	4
2.2. Estado de la Calidad del Aire.....	5
I) Tecnología de emisión del parque automotor.....	7
II) Calidad de los combustibles.....	9
III) Eficiencia De Los Mecanismos De Seguimiento y Control De Emisiones Vehiculares	10
3. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	11
3.1. Árbol de Problemas	12
4. Definición de Objetivos.....	16
4.1. Árbol de Objetivos.....	16
4.2.Descripción de objetivos.....	16
5. Selección De Alternativas	19
5.1. Identificación de Alternativas.....	19
6. Evaluación De Alternativas	21
6.1. Identificación de costos y beneficios	21
6.2. Identificación y revisión de información disponible.....	22
6.2.1 Costos:.....	22
6.2.2. Beneficios:.....	23
6.3. Justificación de la metodología utilizada	24
6.4. Evaluación de las alternativas	24
6. Elección De La Mejor Alternativa.....	29
6.1. Justificación	32
7. CONSULTA PÚBLICA	32
7.1. Resultados de las consultas públicas.....	33
8. Implementación y monitoreo.....	33
8.1. Implementación y cumplimiento	33
9. ANEXOS	33
REFERENCIAS	34

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Proyecciones parque automotor diésel.....	25
Tabla 2. Reducción emisiones proyectadas - EURO V	26
Tabla 3. Proyecciones parque automotor - gasolina.....	26
Tabla 4. Reducción de emisiones proyectadas - parque automotor gasolina	27
Tabla 5. Proyecciones parque automotor - motocicletas.....	28
Tabla 6. Reducción de emisiones proyectadas - Euro 3 – Motocicletas	28
Tabla 7. Reducción de emisiones proyectada - maquinaria para uso fuera de carretera.....	29
Tabla 8. Valor social (disposición a pagar) por tonelada de contaminante.....	29
Tabla 9. Resultados evaluación costo-beneficio - impacto acumulado propuesta regulatoria.	30

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Concentración promedio anual de PM2,5 en estaciones de los sistemas de vigilancia de la calidad del aire del país	6
Figura 2. Composición parque automotor Colombiano – tecnologías.....	8
Figura 3. Árbol de Problema	12
Figura 4. Distribución del parque de máquinas para uso fuera de carretera a 2019	14
Figura 5. Árbol de Objetivos.....	16
Figura 6. Reducciones SO2 - Leap IBC.....	31
Figura 7. Reducciones NOX – Leap IBC.....	31
Figura 8. Reducciones PM2.5 - Leap IBC.....	32

NORMA NACIONAL DE EMISIONES GENERADAS POR FUENTES MÓVILES TERRESTRES

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible

1. INTRODUCCIÓN

El presente documento describe la problemática asociada a la emisión de contaminantes, generados por las fuentes móviles terrestres en circulación en el territorio nacional y el análisis de impacto normativo asociado a las alternativas regulatorias en la materia. Para ello, en primera instancia, se describen los antecedentes normativos y de política pública asociados con el control de la contaminación proveniente de fuentes móviles, pasando a un análisis del estado de la calidad del aire, principalmente en los centros urbanos con alta densidad vehicular. Posteriormente, se profundiza en las emisiones contaminantes generadas por el parque automotor, revisando los factores asociados a los niveles de contaminación por material particulado PM₁₀ y PM_{2,5} derivados de la combustión vehicular particularmente, sin incluir las emisiones asociadas a la re-suspensión de polvo en vías o a los materiales de arrastre que se desprenden de las llantas o frenos.

Sobre el particular se hace un análisis de causas, a partir de lo cual se identifican aspectos subordinados, los cuales son susceptibles de mejora, a partir de la implementación de modificaciones regulatorias en la materia. Factores como el mejoramiento de la calidad de los combustibles y su relación con la incorporación de tecnologías menos contaminantes en la flota vehicular del país, son elementos desarrollados en la problemática, a fin identificar las acciones de mejora requeridas en el marco regulatorio, específicamente en la Resolución 910 de 2008, para dar respuesta a las necesidades actuales del país en la materia, así como avanzar en las metas planteadas mediante diversos instrumentos del ordenamiento jurídico, para el mejoramiento de la calidad del aire, los cuales han sido trazados por el Gobierno Nacional.

Entre estos instrumentos se destacan, el CONPES 3943 de 2018 *“Política para el mejoramiento de la calidad del aire”*, así como el Plan Nacional de Desarrollo 2018-2022 *“Pacto por Colombia - Pacto por la equidad”*, expedido mediante la Ley 1955 de 2019, en los cuales se contempla la actualización de los estándares de emisión de fuentes móviles, en cabeza del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, incluyendo la reglamentación de un menor contenido de azufre en los combustibles, en articulación con el Ministerio de Minas y Energía, como una de las medidas para reducir la contaminación atmosférica en Colombia.

En armonía con este marco regulatorio, se plantean las alternativas de implementación normativa, para cada uno de los aspectos destacados en la regulación, principalmente en función de los estándares de emisión para fuentes móviles terrestres que pueden ser implementados en el territorio nacional. Sobre estas alternativas se realiza un análisis de costo-beneficio, a fin de ilustrar los beneficios esperados en el mediano y largo plazo, de la implementación de las alternativas regulatorias definidas por el Gobierno Nacional.

En este sentido el presente documento traza las consideraciones en materia normativa, necesarias para la actualización de límites máximos permisibles de emisión para las fuentes móviles en uso y de nuevo ingreso al territorio nacional, actividad que se encuentra subordinada al mejoramiento de los parámetros de calidad de los combustibles líquidos que se distribuyen en el país. Adicionalmente se incluye por primera vez en la reglamentación colombiana, la definición de límites máximos permisibles de emisión para fuentes móviles terrestres para uso fuera de carretera -esto es- aquellos vehículos o maquinaria que no han sido diseñados

para el transporte de pasajeros o de mercancías en vías públicas. Es preciso señalar que, las disposiciones establecidas por la Ley 1972 de 2019 en lo referente a prueba dinámica y sistemas de diagnóstico a bordo (OBD), están siendo desarrolladas por este Ministerio, mediante un proyecto normativo diferente y por lo tanto, no son objeto regulatorio del presente documento.

2. ANTECEDENTES

Para el desarrollo de las temáticas objeto del presente documento es importante retomar los antecedentes normativos mediante los cuales se ha regido la materia, la situación actual de la calidad del aire en el país y su relación con los aspectos derivados de la gestión de emisiones contaminantes generadas por fuentes móviles, tales como, la tecnología del parque automotor, la evolución normativa en materia de calidad de combustibles y los mecanismos de seguimiento y control. A continuación, se desarrollan cada una de estas líneas.

2.1. ANTECEDENTES NORMATIVOS Y DE POLÍTICA

La Ley 99 de 1993 crea al entonces Ministerio del Medio Ambiente y establece dentro del artículo 5to las funciones otorgadas, entre las que se destacan las de los numerales 2 y 10: *se deben regular las condiciones generales para el saneamiento del medio ambiente y el uso, manejo y aprovechamiento de los recursos naturales con el fin de mitigar o eliminar el impacto de actividades contaminantes, así como determinar las normas ambientales mínimas y las regulaciones aplicables a todas las actividades que puedan generar directa o indirectamente daños ambientales.*

De igual forma los numerales 11 y 14 del citado artículo, señalan que, es función del Ministerio dictar las regulaciones ambientales de carácter general para controlar y reducir la contaminación atmosférica en todo el territorio nacional y definir y regular los instrumentos administrativos y los mecanismos para la prevención y control de los factores de deterioro ambiental. Finalmente, el numeral 25 del mismo artículo, señala que, es deber del Ministerio establecer los límites máximos permisibles de emisión que puedan afectar el medio ambiente o los recursos naturales renovables.

En armonía con lo anterior, el Decreto 1076 de 2015 “Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible”, establece que la quema de combustibles fósiles utilizados por el parque automotor es una actividad contaminante sujeta a prioritaria atención y control por parte de las Autoridades Ambientales y consagra como funciones del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, establecer normas ambientales y fijar los estándares permisibles de emisión de contaminantes producidos por fuentes móviles, así como la de determinar los mecanismos de evaluación de emisiones de vehículos automotores.

En desarrollo de la funciones señaladas previamente, el Ministerio expidió la Resolución 910 de 2008, “*Por la cual se reglamentan los niveles permisibles de emisión de contaminantes que deberán cumplir las fuentes móviles terrestres, se reglamenta el artículo 91 del Decreto 948 de 1995 y se adoptan otras disposiciones*”. Dicha norma fue objeto de modificación a través de la Resolución 1111 de 2013, la cual adopta unos límites de emisión más estrictos a los definidos en la Resolución 910 de 2008 en relación con los vehículos que emplean combustible diésel, así como para vehículos pesados dedicados a gas natural o GLP.

A su vez la Resolución 2604 de 2009 establece límites máximos permisibles de emisión en prueba dinámica, exclusivamente *para los vehículos que se vinculen a la prestación del servicio público de transporte terrestre de pasajeros y para motocarros que se vinculen a la prestación del servicio público de transporte terrestre automotor mixto, entre otras disposiciones.*

Es importante señalar que tanto la Resolución 1111 de 2013 que modifica la Resolución 910 de 2008 como la Resolución 2604 de 2009, responden al cronograma de mejoramiento de la calidad del diésel definida en la Ley 1205 de 2008, ya que dicho mejoramiento permitió la definición de nuevos estándares de emisión y en consecuencia de tecnologías vehiculares más eficientes y menos contaminantes.

En el año 2017 el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible expidió la Resolución 2254, la cual adopta la norma de calidad del aire. Dicha norma incorpora niveles máximos permisibles para material particulado inferior a 2,5 micras ($PM_{2,5}$) e incluye una meta para, en el año 2030 alcanzar el objetivo intermedio 3 de la Organización Mundial de la Salud (OMS), tanto para PM_{10} como para $PM_{2,5}$, SO_2 y NO_x . No obstante, la expedición de esta norma implica la necesaria implementación de medidas que, generen efectos tangibles en la reducción de emisiones contaminantes a la atmósfera y en el mejoramiento de la calidad del aire.

Dado lo anterior, en el año 2018 se expidió el documento CONPES 3943 “*Política para el mejoramiento de la calidad del aire*”, el cual contempla una serie de acciones para reducir las emisiones contaminantes al aire provenientes de fuentes móviles y fijas, y para mejorar las estrategias de prevención, reducción y control de la contaminación del aire, para de esta manera reducir la concentración de contaminantes en el aire que afectan la salud y el ambiente.

De otro lado el *Plan Nacional de Desarrollo 2018-2022*, adoptado mediante la Ley 1955 de 2019 establece que el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible actualizará los estándares de emisión de fuentes móviles hasta llegar a EURO VI, para mejorar la calidad del aire y prevenir los impactos en la salud pública. Sumado a lo anterior, la Ley 1972 de 2019 señala que, a partir del 1 de enero de 2023, las fuentes móviles con motor ciclo diésel que se fabriquen, ensamblen o importen al país deben cumplir con los límites máximos permisibles de emisión de contaminantes al aire correspondientes a tecnologías Euro VI. Así mismo, determina que a partir del 1° de enero de 2021 todas las motocicletas que se fabriquen, ensamblen o importen al país deben cumplir con los límites máximos permisibles de emisión de contaminantes al aire correspondientes a tecnologías Euro 3.

2.2. ESTADO DE LA CALIDAD DEL AIRE

De acuerdo con el más reciente informe sobre el estado de la Calidad del Aire publicado por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM) en el año 2019, los contaminantes con mayor incidencia son $PM_{2,5}$ y PM_{10} . El citado informe analiza los datos provenientes de los Sistemas de Vigilancia de la Calidad del Aire operados por autoridades ambientales en las diferentes regiones del territorio nacional.

El documento señala también que, tan solo 22 (30 %) de las 73 (100%) estaciones que midieron PM_{10} -y que satisfacen los criterios de representatividad- en el año 2018 (de un total de 152 que monitorearon el contaminante), registraron cumplimiento con los niveles máximos permisibles planteados en la normativa nacional anual (Resolución 2254 de 2017) para el año 2030.

Para la misma serie de datos, los resultados del cálculo del índice de calidad del aire (ICA), evidenciaron que, estos contaminantes (PM_{10} y $PM_{2,5}$) representan un riesgo alto de afectación a la salud de la población. Los niveles más elevados se registran en los grandes centros urbanos o zonas que son altamente industrializadas y densamente pobladas, prioritariamente en las ciudades de Bogotá y Medellín. (IDEAM, 2019).

Según el informe, durante 2018 las concentraciones de $PM_{2,5}$ más altas fueron registradas en la estación de monitoreo Carvajal – Sevillana, localizada en el suroccidente de Bogotá, así como las estaciones Tráfico sur y Tráfico centro, localizadas en el Área Metropolitana del Valle de Aburrá – AMVA. Estas estaciones sobresalen



Estos eventos se registran principalmente entre los meses de febrero y marzo y de octubre y noviembre.

Sin embargo, es preciso señalar que, el estado de la calidad del aire de una región, depende de múltiples variables espacio-temporales, entre las cuales se destacan, además de las mencionadas fuentes fijas, móviles y de área, las partículas que viajan en el aire en función de las corrientes de viento continental y que son producto de -entre otras fuentes- mecanismos ecosistémicos presentes en la naturaleza, quemadas controladas, incendios, partículas de arena, materiales de arrastre por erosión eólica, etc.

En razón de lo anterior, en el último trienio se ha mejorado continuamente el sistema de vigilancia de la calidad del aire, en el sistema nacional ambiental. Entre 2017 y 2018 se pasó de 166 a 169 estaciones fijas que monitorean material particulado, sumando un sistema de vigilancia, para consolidar un total de 27, mejorando los criterios de representatividad de los existentes.

A pesar del panorama antes señalado no se puede dejar de mencionar que mientras en el año 2017 existían en el país 26 sistemas de vigilancia de la calidad del aire, en 2018 operaron 27 sistemas, y de 166 estaciones fijas se avanzó a 169 estaciones de este tipo. De acuerdo con el Informe del Estado de la Calidad del Aire del año 2018, publicado en el año 2019, de las 71 estaciones que midieron PM10, y cumplen con los criterios de representatividad temporal (de un total de 152 que monitorearon el contaminante), 23 registraron cumplimiento con niveles previstos para el año 2030 en periodos de exposición anual ($30 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Este dato es mayor que el registrado en 2018 (18 estaciones con promedios anuales inferiores a $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

De acuerdo con el documento “valoración económica de la degradación ambiental en Colombia” publicado en 2018 por el Departamento Nacional de Planeación (DNP), se estimó que para 2015 la mala calidad de aire generó alrededor de 8.052 muertes en el país, con costos asociados a aproximadamente 12,2 billones de pesos, cifra que equivale al 1,5% del PIB de ese año (DNP, 2018).

En este contexto y como se mencionó anteriormente, en 2018 se adoptó el CONPES 3943 "Política para el mejoramiento de la calidad del aire", cuyo objetivo general es la reducción de la concentración de contaminantes en el aire que afectan la salud y el ambiente, a través de medidas para la reducción de la contaminación generada por fuentes móviles, entre las que se encuentran la renovación y modernización del parque automotor, el incremento de la incorporación de tecnologías de cero o bajas emisiones, el mejoramiento de la calidad de los combustibles, la actualización de los métodos de medición de emisiones contaminantes en vehículos nuevos y en uso y la adopción de estándares de emisión para vehículos, acordes con el combustible distribuido mediante acto administrativo

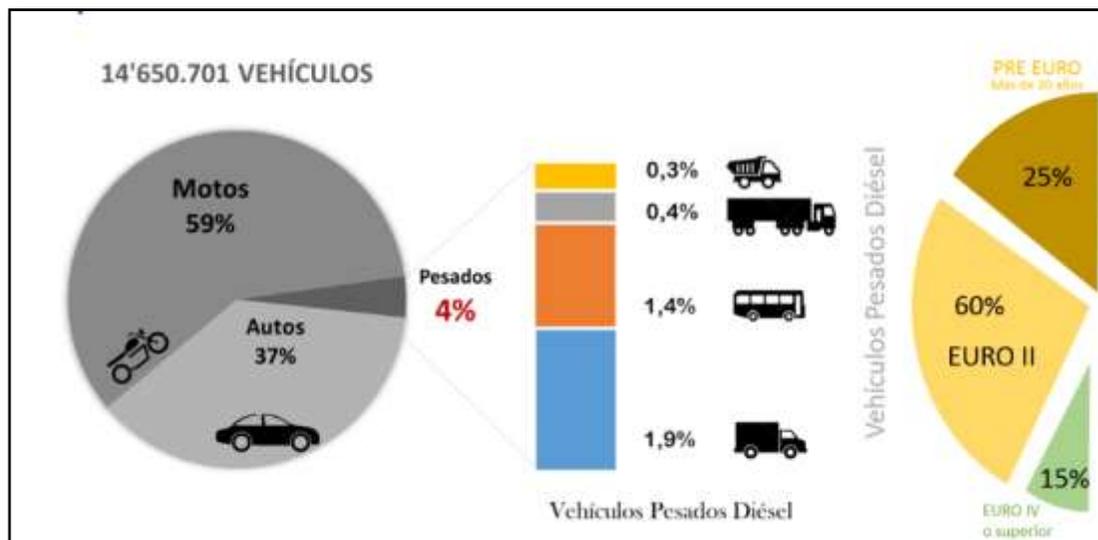
Bajo este entendido, es claro que se requiere incrementar los esfuerzos para la prevención control y seguimiento de las emisiones generadas por las fuentes móviles terrestres en Colombia, las cuales dependen de múltiples variables, entre las que se destacan: i) tecnología de emisión del parque automotor, ii) calidad de los combustibles y iii) eficiencia de los mecanismos de seguimiento y control de emisiones vehiculares.

I) TECNOLOGÍA DE EMISIÓN DEL PARQUE AUTOMOTOR

De acuerdo con cifras de composición del parque automotor colombiano consolidadas por el Registro Único Nacional de Tránsito (RUNT) para 2019, para el caso de los vehículos diésel, aproximadamente el 25 % del parque se encuentra constituido por tecnologías Pre-Euro, el 60 % corresponden a Euro II (las cuales exhiben niveles de contaminación de material particulado hasta 95% mayores respecto de tecnologías EURO VI), mientras que tan solo el 15 % fue nacionalizado cumpliendo estándares de emisión equivalentes a EURO IV, estándar más estricto reglamentado en la actualidad en Colombia.



Figura 2. Composición parque automotor Colombiano – tecnologías



Fuente: Elaboración propia a partir de Runt 2019

De lo anterior se observa que, el parque automotor nacional se encuentra predominantemente compuesto por motocicletas, seguido de vehículos livianos que utilizan gasolina como combustible y por último, con un 4% los vehículos diésel se encuentran predominantemente caracterizados por tecnologías que permiten emisiones contaminantes superiores en más de 95%, respecto de las más limpias a nivel mundial, tales como EURO VI.

En 2012 la Organización Mundial de la salud declaró que, el humo proveniente de los vehículos diésel es cancerígeno, con base en estudios realizados por la Agencia Internacional para la investigación del Cáncer (IARC) [WHO, 2012]. Esta declaratoria detonó las alertas internacionales señalando las emisiones contaminantes provenientes del tubo de escape de los vehículos diésel, como responsables de la aparición de cáncer en las personas, en función de su tiempo e intensidad de exposición.

De esta manera, la tecnología de emisión reglamentada, específicamente para los motores diésel, trascendió a un importante nivel de incidencia en salud pública, la cual debe ser considerada como prioritaria al nivel de política pública. En este punto es preciso aclarar que, la capacidad de un vehículo para mantener el cumplimiento de los estándares de emisión para los cuales han sido diseñados sus motores, se encuentra determinada por las condiciones de mantenimiento preventivo aplicadas a los diferentes sistemas que componen el automotor. En este sentido se entiende que, para minimizar las afectaciones contaminantes, no basta con reglamentar tecnologías superiores en materia ambiental, sino que, es requisito fundamental atender las recomendaciones de fabrica en materia de mantenimiento integral, para garantizar el cumplimiento de los estándares de emisión en todo momento.

En la actualidad en Colombia, se encuentran regulados estándares de emisión EURO 2 para vehículos de encendido por chispa y EURO IV para vehículos de encendido por compresión al igual que los vehículos pesados que operan con gas natural. En este sentido se evidencia la necesidad de establecer una reglamentación técnica que propicie la renovación del parque automotor hacia tecnologías de cero o bajas

emisiones, como una condición necesaria para el mejoramiento de la calidad del aire. Sin embargo, esta regulación debe acompañarse de estrategias que garanticen la mejora de la calidad de los combustibles y que promuevan de manera obligatoria, la adopción de prácticas de mantenimiento preventivo para todas las tecnologías vehiculares que componen el parque automotor colombiano (mediante límites permisibles más estrictos para los vehículos en uso).

Este ascenso tecnológico supone a su vez, la necesidad de implementar sistemas de medición de emisiones congruentes con las nuevas tecnologías, estándares de emisión acordes con los nuevos sistemas de medición de contaminantes y mano de obra altamente especializada para garantizar óptimas condiciones de operación y mantenimiento.

II) CALIDAD DE LOS COMBUSTIBLES

El mejoramiento de la calidad de los combustibles es una condición necesaria para habilitar el ascenso tecnológico vehicular, además de reducir las emisiones de contaminantes tales como óxidos de nitrógeno, óxidos de azufre, hidrocarburos y material particulado, en los vehículos con mayor antigüedad.

Bajo esta premisa el Gobierno Nacional expidió la Ley 1205 de 2008, también conocida como la “Ley del Diésel” la cual propició la distribución de combustibles con menor contenido de azufre (pasando de 4500 ppm en 2008 a 50 ppm en 2013) y menor impacto ambiental, ajustándose a los parámetros internacionales. Continuando con esta iniciativa, en 2014 se publica la Resolución 90963, modificatoria de la Resolución 898 de 1995 en lo referente a los parámetros de calidad del diésel.

Para el caso de la calidad de gasolina, en la Resolución 898 de 1995, modificada por el artículo primero de la Resolución 1180 de 2006 se contempla un contenido de azufre de 300 ppm a partir del año 2011, marcando un ritmo más lento de evolución respecto de la calidad del diésel. Sin embargo, en la actualidad el Gobierno Nacional se encuentra adelantando el proceso de mejoramiento de calidad de combustibles en el país, para lo cual mediante el CONPES 3943 “Política para el mejoramiento de la calidad del aire”, se definieron líneas de acción específicas, dedicadas al plan de mejoramiento de los combustibles:

“Actualización de parámetros de calidad de los combustibles y biocombustibles. En primer lugar, es necesario continuar avanzando en la reducción en el contenido de azufre de los combustibles que se distribuyen al parque automotor del país. Para ello, en el primer trimestre de 2019, el Ministerio de Minas y Energía y el Ministerio el Ambiente y Desarrollo Sostenible adoptarán en conjunto los estándares normativos progresivos para lograr la reducción del contenido de azufre en los combustibles a nivel nacional de la siguiente manera: en 2020, diésel de 20 ppm y gasolina de 100 ppm; en 2021, diésel de 10 ppm a 15 ppm y gasolina de 50 ppm; antes de finalizar 2025, diésel de 10 ppm, y entre 2026 y 2030, gasolina de 10 ppm. Por su parte, el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, en el primer semestre de 2019, adoptará por resolución los estándares de emisión para vehículos, acordes con la calidad del combustible distribuido, como una medida para restringir el ingreso al país de tecnologías vehiculares contaminantes.”

Posterior a la expedición del CONPES 3943, se expidió la Ley 1955 de 2019 (PND 2018-2022) y la Ley 1972 de 2019 la cual dispone para Colombia, la distribución de diésel de menos de 15 ppm a partir del 1 de enero de 2023 y a partir del 1 de diciembre de 2025 de 10 ppm. El Gobierno Colombiano, en cabeza de los Ministerios de Ambiente y Desarrollo Sostenible y de Minas y Energía, se encuentran adelantando la reglamentación necesaria en esta materia, para lo cual en 2019 y 2020 se han dispuesto para consulta nacional,



los proyectos de actualización de parámetros de calidad de diésel y gasolina, mediante el foro de consulta pública disponible en <https://www.minenergia.gov.co/foros>.

De esta manera, de la mano del mejoramiento de la calidad de los combustibles fósiles en Colombia, la presente iniciativa normativa armoniza los objetivos de actualización de límites máximos permisibles de emisión acordes con los combustibles que se empezarán a distribuir en las fechas antes mencionadas y la reglamentación de tecnologías vehiculares de bajas emisiones.

III) EFICIENCIA DE LOS MECANISMOS DE SEGUIMIENTO Y CONTROL DE EMISIONES VEHICULARES

El presente proyecto normativo contempla la actualización de mecanismos de seguimiento y control de emisiones vehiculares, tales como, los límites máximos permisibles tanto nuevos como en uso, los instrumentos normativos aplicables por las Autoridades Ambientales y la inclusión de las fuentes móviles para uso fuera de carretera en el esquema de estandarización de emisiones permisibles.

- **Límites máximos permisibles de emisión:** En concordancia con los antecedentes descritos en el presente documento, la iniciativa regulatoria debe incluir la modificación de los límites permisibles de emisión para los vehículos en uso (en el sentido de hacerlos más estrictos), así como la reglamentación de estándares equivalentes a tecnologías EURO VI para el caso de los vehículos diésel y EURO 3 para el caso de las motocicletas de nuevo ingreso al país. De este ascenso tecnológico, se deriva una necesidad de actualización de métodos de medición para diagnóstico de las emisiones contaminantes, tanto para los vehículos nuevos como para los vehículos que ya se encuentran en circulación; en este sentido, el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible se encuentra adelantando de forma paralela, los estudios necesarios para determinar los métodos y procedimientos que deben ser adoptados por el Gobierno Nacional para atender esta necesidad.
- **Maquinaria móvil para uso fuera de carretera:** Las fuentes móviles para uso fuera de carretera, tales como, las empleadas en actividades de construcción, minería -entre otras- son una fuente aportante de contaminación en varios países y regiones. En Estados Unidos -por ejemplo-, las emisiones generadas por la maquinaria móvil representan cerca del 45 % del material particulado fino $PM_{2.5}$ y el 22 % de los óxidos de nitrógeno NO_x emitidos por las fuentes móviles [EPA, 2017]; mientras que en Europa, estos valores corresponden al 18% y 19% respectivamente [European Environment Agency, 2018]. La magnitud de esta problemática ha sido evidenciada a nivel mundial, por lo que son varios países¹ los que han implementado estándares de emisión para maquinaria móvil para uso fuera de carretera. En Latinoamérica, los países de la Alianza del Pacífico, en los que se incluye Colombia, se encuentran en el proceso de incluir a este segmento de flota dentro de la normativa de emisiones².

Estados Unidos emitió su primera regulación de emisiones en 1998, estructurada para implementar tres tecnologías de manera progresiva y de manera diferencial para rangos de potencia de maquinaria³.

¹ Estados Unidos, Unión Europea, Suiza, Turquía, Japón, China, India, Corea del Sur, Brasil entre otros.

² Esta iniciativa está siendo impulsada en Chile, México, Perú y Colombia a través del Proyecto Clima y Aire Limpio para Ciudades de América Latina (CALAC+), implementado por la Fundación Suiza de Cooperación para el Desarrollo Técnico – Swisscontact.

³ La tecnología Tier 1 ingresó entre los años 1996 a 2000, la tecnología Tier 2, más estricta que la anterior, ingresó entre los años 2001 y 2006, mientras que la tecnología Tier 3, aún más estricta, ingresó entre los años 2006 a 2008. Esta última tecnología solo aplicaba para motores con una potencia entre los 37 y 560 kW.



En el momento de emitir esta regulación, en 1998, la EPA estimó que, gracias a la medida, a 2010 las emisiones de NOx se reducirían en cerca de un millón de toneladas por año; el equivalente a retirar 35 millones de vehículos de pasajeros de las vías estadounidenses. Se estimó que cumplir con estos estándares de emisión incrementaría en un 1% los precios de compra de una maquinaria móvil diésel típica; aunque en algunos casos particulares este incremento podría estar en el orden del 2 al 3 % (United States Environmental Protection Agency, 1998). Actualmente, de acuerdo con reglamentación emitida en 2011, Estados Unidos permite el ingreso de maquinaria que cumple con el estándar más estricto entre los estándares de emisiones estadounidenses (Tier 4f).

- **Autoridades Ambientales:** Dotadas de autonomía administrativa y financiera, patrimonio propio y personería jurídica, son las encargadas por la Ley para administrar, dentro del área de su jurisdicción, el medio ambiente y los recursos naturales renovables y propender por su desarrollo sostenible, de conformidad con las disposiciones legales y las políticas establecidas por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Tienen un papel fundamental de articulación entre las disposiciones legales establecidas y su cumplimiento. Para el caso del seguimiento y control de las emisiones generadas por fuentes móviles, el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, mediante la presente iniciativa regulatoria, propone disposiciones adicionales, tales como, la habilitación de métodos de medición complementarios, que permitan ampliar la cobertura de fuentes móviles monitoreadas en vía, así como el acceso a patios de acopio de flotas cautivas, para diagnóstico y control de las mismas.

Es conocido que la capacidad de cobertura de las Autoridades Ambientales mediante los operativos de control y seguimiento al parque automotor, es de cerca del 3% (SDA, 2020) por lo que es indispensable fortalecer el esquema de control y seguimiento de las emisiones a los vehículos en uso, que se realiza en los Centros de Diagnóstico Automotor. En este sentido, como se mencionó previamente MinAmbiente se encuentra adelantando los estudios necesarios para determinar los métodos de medición que deben ser reglamentados/actualizados en el territorio nacional (incluyendo el diagnóstico de dispositivos de control como catalizadores y filtros de partículas diésel DPF); en el mismo sentido, en conjunto con MinTransporte se adelantan los procesos de interoperabilidad para alimentación de la base de datos RUNT desde los actores ambientales, lo cual viabilizará el fortalecimiento de la cadena de custodia de la información generada en los CDA y su verificación de cumplimiento.

En función de lo anterior, el presente documento desarrolla los costos y beneficios asociados a la implementación de las alternativas regulatorias seleccionadas para la actualización de la Resolución 910 de 2008.

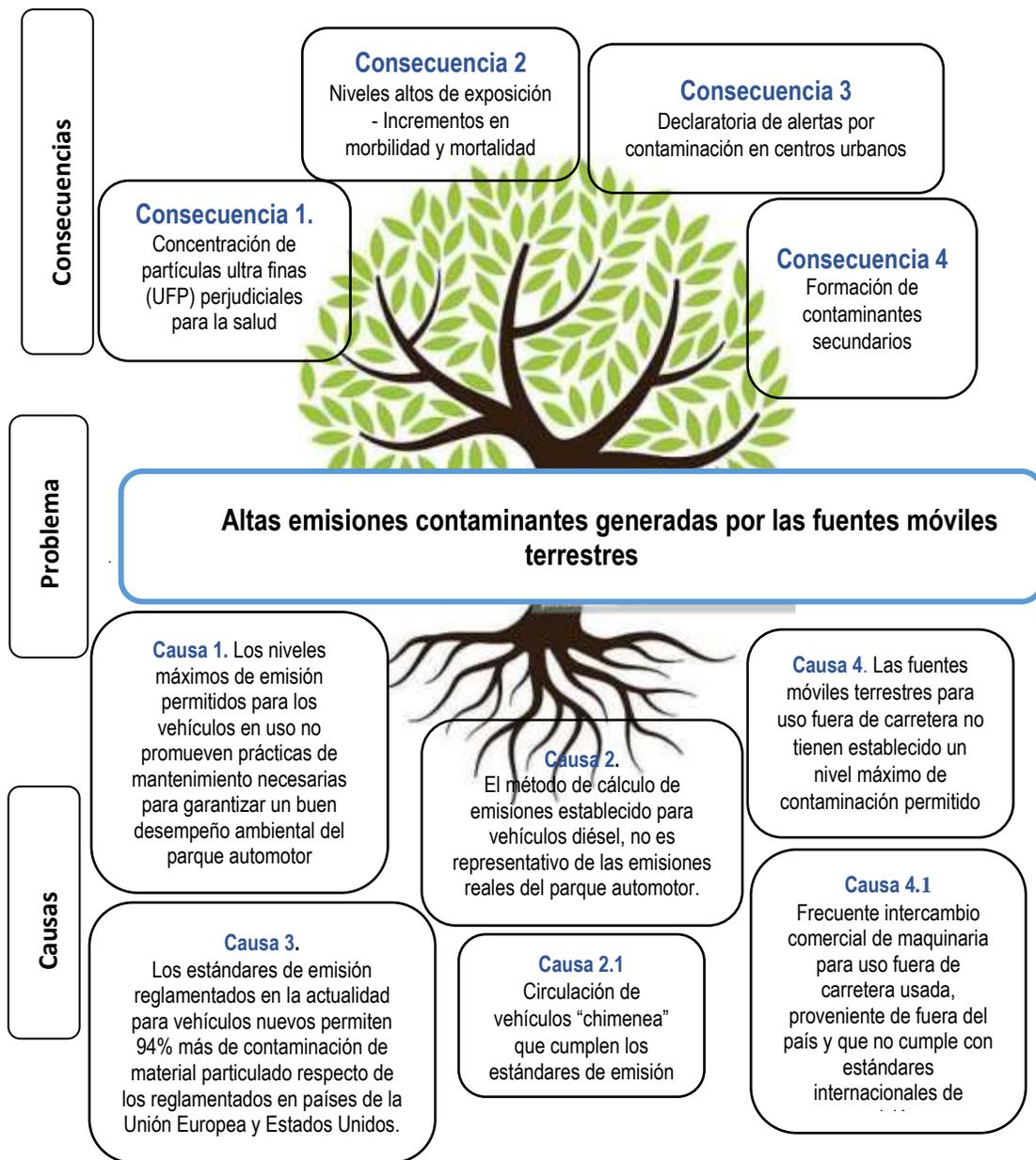
3. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

Dentro del desarrollo del análisis de impacto normativo, se encuentra la definición y descripción del problema al que dará respuesta la iniciativa regulatoria propuesta. En este sentido, se presentan a continuación las consideraciones bajo las cuales se realizó la definición del problema.



3.1. ÁRBOL DE PROBLEMAS

Figura 3. Árbol de Problema



A continuación, se describen las causas y consecuencias de la problemática identificada.



Problema: Altas emisiones contaminantes generadas por las fuentes móviles terrestres.

Causas: A continuación, se describen las principales causas asociadas a la problemática de emisiones generadas por las fuentes móviles y que, en el marco de las competencias de MinAmbiente, pueden ser abordadas en la iniciativa normativa objeto del presente análisis de impacto.

- 1. Los niveles máximos de emisión permitidos para los vehículos en uso, no promueven prácticas de mantenimiento necesarias para garantizar un buen desempeño ambiental del parque automotor.** La reglamentación de emisiones permisibles para el parque automotor se actualizó en Colombia por última vez en el año 2008 mediante la Resolución 910. Al evaluar el desempeño ambiental del parque automotor en Colombia, se ha determinado que los límites de emisión permisibles no exigen de manera suficiente la implementación de procedimientos de mantenimiento preventivo básicos para los vehículos en uso, que garanticen que las emisiones contaminantes generadas se mantienen dentro de los niveles considerados aceptables en armonía con estándares internacionales. Esta conclusión se obtiene del análisis de bases de datos de medición de emisiones generadas en los centros de diagnóstico automotor, autoridades ambientales y ensambladoras en el territorio nacional, el cual es desarrollado en el documento técnico de soporte de la iniciativa normativa.
- 2. El método de cálculo de emisiones establecido para vehículos diésel, no es representativo de las emisiones reales del parque automotor.** En Colombia se realiza el diagnóstico de las emisiones del parque automotor diésel mediante la medición de la variable opacidad de acuerdo al método establecido en la norma técnica NTC4231:2012. La versión publicada en 2002 de la misma norma, establecía que el reporte del resultado final de opacidad debía relacionarse matemáticamente con el diámetro del tubo de escape del vehículo en evaluación. Sin embargo, esta consideración genera una subestimación de las emisiones reales de opacidad de los vehículos por lo cual, al realizarse la comparación con los límites máximos permisibles actuales, se genera un desajuste de escala que favorece que los vehículos con emisiones altas cumplan con los límites permisibles. La versión 2012 de la NTC4231 no estableció especificaciones técnicas que indiquen si dicha relación matemática con el tubo de escape debía mantenerse, por tanto, se generó un vacío normativo que persiste en la actualidad.
 - 2.1 Circulación de vehículos “chimenea” que cumplen los estándares de emisión establecidos.** Las autoridades ambientales han reportado que, durante la ejecución de operativos de seguimiento y control en vía, se encuentran en circulación en vía pública, vehículos que, aún cuando portan certificados de cumplimiento de revisión técnico mecánica y de emisiones contaminantes, exhiben niveles visibles de contaminación, que ocasionan el efecto visual “chimenea”. Este efecto se encuentra asociado al deterioro de los diferentes sistemas de combustión y post-combustión, debido a prácticas deficientes de mantenimiento preventivo. El método de medición de opacidad, que incluye la corrección según diámetro de escape, induce imprecisión matemática de la medida y conlleva a resultados que, bajo la norma actual, aprueban el estado de las emisiones.
- 3. Los estándares de emisión reglamentados en la actualidad para vehículos nuevos, permiten 94% más de contaminación de material particulado respecto de los reglamentados en países de la Unión Europea y Estados Unidos.** La Resolución 910 de 2008 establece disposiciones en materia de vehículos nuevos, las cuales, no garantizan el acceso a las tecnologías vehiculares menos contaminantes disponibles hoy en el mercado. En este sentido, se hace necesario viabilizar el ingreso de los vehículos con tecnologías de ultra-bajas emisiones, de la mano de un mejoramiento en la calidad de los combustibles planteado por el Gobierno Nacional. Para ello la presente iniciativa normativa propone los estándares mínimos que se deben cumplir bajo método de evaluación de prueba dinámica, para los vehículos de nuevo ingreso al país.

4. **Las máquinas móviles para uso fuera de carretera no tienen establecido un nivel máximo de contaminación permitido.** Los niveles permisibles de emisión de contaminantes provenientes de fuentes móviles son reglamentados en la Resolución 910 de 2008. Sin embargo, en su artículo 2, esta Resolución excluye de su alcance, explícitamente la maquinaria fuera de ruta o *non-road*, lo que implica que no existe regulación alguna en este sentido en Colombia, y por tanto, en el país opera maquinaria móvil para uso fuera de carretera cuyas emisiones no son objeto de ningún control o seguimiento.

4.1. **Frecuente intercambio comercial de maquinaria para uso fuera de carretera usada, proveniente de fuera del país.** Al igual que para los demás segmentos de las fuentes móviles, el nivel de sofisticación de máquinas para uso fuera de carretera está asociado a su costo; y debido a la ausencia de regulación en Colombia, existe una predominancia a importar maquinaria obsoleta en términos de emisiones. De acuerdo con estimados preliminares del registro de maquinaria, el cual fue establecido a través del artículo 207 de la Ley 019 de 2012, existe como mínimo un total de 64161 unidades de máquinas para uso fuera de carretera (RUNT, 2019); sin embargo, se han identificado falencias en el proceso de construcción de este registro, por lo que existe un grado de incertidumbre asociado a este reporte. Por esta razón actualmente se adelanta el proceso de construcción del primer inventario nacional de máquinas para uso fuera de carretera, que preliminarmente sugiere que, aproximadamente un 40% de la flota de máquinas para uso fuera de carretera tiene una antigüedad mayor a 10 años.

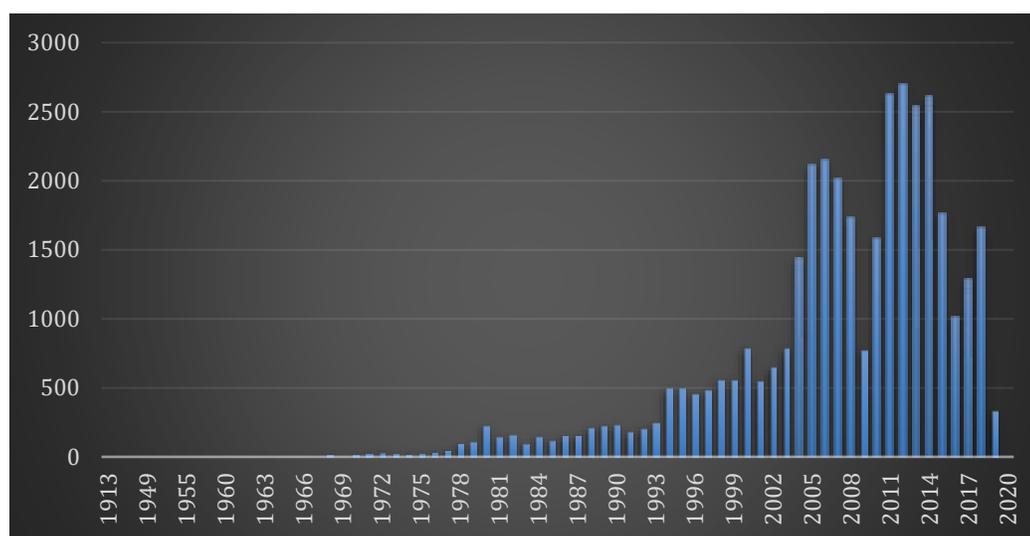


Figura 4. Distribución del parque de máquinas para uso fuera de carretera por modelo a 2019

Fuente: Base de datos del registro nacional de maquinarias agrícola, Industrial y de Construcción autopropulsada.

Consecuencias:

1. **Emisiones de partículas ultra finas (UFP) perjudiciales para la salud.** Múltiples estudios han demostrado de manera contundente que, las emisiones de vehículos automotores constituyen la mayor fuente de partículas contaminantes ultrafinas en ambientes urbanos [Morawska, 2008]. Las partículas ultrafinas penetran en el sistema respiratorio, favoreciendo interacciones con tejidos pulmonares y potenciales translocaciones en el torrente sanguíneo. Esto, sumado a la hipótesis de que, la toxicidad del



material particulado se encuentra determinada por la superficie de las partículas más que por su masa, ha sugerido que las partículas ultrafinas son particularmente dañinas para la salud. “En entornos urbanos, los vehículos de carretera son la principal fuente de emisiones de UFP. Esto significa que el incremento en vía para UFP es mayor que para fracciones de PM más grandes. Un estudio en Marylebone Road en Londres reportó contribuciones al número total de concentraciones de partículas de emisiones de escape de vehículos, polvo de frenos, resuspensión y antecedentes urbanos, aportantes del 65%, 2%, 5% y 18%, respectivamente (Harrison et al., 2011). Proporciones similares para las contribuciones de escape y antecedentes del vehículo se derivaron de mediciones en Barcelona (Pey et al., 2009)” (CCAC, Climate & Clean Air Coalition, 2016). En este sentido, las emisiones de tubo de escape de los vehículos automotores deben ser reducidas.

2. **Niveles altos de exposición - Incrementos en morbilidad y mortalidad.** La generación de humos visibles en especial en los vehículos de encendido por compresión, genera impactos tanto en la calidad del aire en escala local y regional, cómo en los microambientes que se generan al interior de los vehículos y en la cercanía de las vías de alto flujo vehicular. Esta condición genera que la población en general y en específico las poblaciones vulnerables se encuentren expuestas a altos niveles de emisión de contaminantes vehiculares al interior de los vehículos escolares, de transporte público colectivo y en las estaciones de abordaje de los diferentes sistemas de transporte. Ésta situación genera alarmas debido a los incrementos de los niveles de morbilidad y mortalidad asociados a la mala calidad del aire en Colombia (DNP, 2018).
3. **Declaratoria de alertas por contaminación en centros urbanos.** Como se mencionó previamente, en el último trienio se han presentado a nivel nacional, declaratorias de estados excepcionales de calidad del aire (Área Metropolitana del Valle de Aburrá y Secretaría Distrital de Ambiente en el último trienio) debido al incremento de los niveles de concentración de material particulado reportado por los sistemas de vigilancia de la calidad del aire en los mencionados centros urbanos. Condiciones meteorológicas sumadas a los altos niveles de emisión de fuentes móviles y fuentes fijas, confluyen en épocas específicas del año en las que se favorece la suspensión de las partículas en el aire, poniendo en riesgo la salud de las poblaciones.
4. **Formación de contaminantes secundarios.** Además de las emisiones de material particulado provenientes de la combustión de los automotores, se generan y acumulan principalmente en las vías y áreas circundantes, materiales de arrastre y desprendimiento de llantas y frenos que, sumados a las partículas totales suspendidas de origen natural y antrópico presentes en la atmósfera y que son arrastradas por celdas conectivas de mezcla de aires con gradientes de temperatura, se condensan en la cercanía de la superficie del suelo favoreciendo la formación de material re-suspendido. Adicionalmente, producto de la interacción de los gases de escape con las condiciones eólicas a determinadas temperaturas, se generan mezclas de compuestos químicos en la atmósfera que dan lugar a la formación de contaminantes secundarios, los cuales tienen efectos relativos y episódicos en la calidad del aire, que pueden tener afectaciones graves en salud (ozono troposférico, peroxiacetil-nitrilo, contaminantes climáticos de vida corta CCVC –entre otros-).

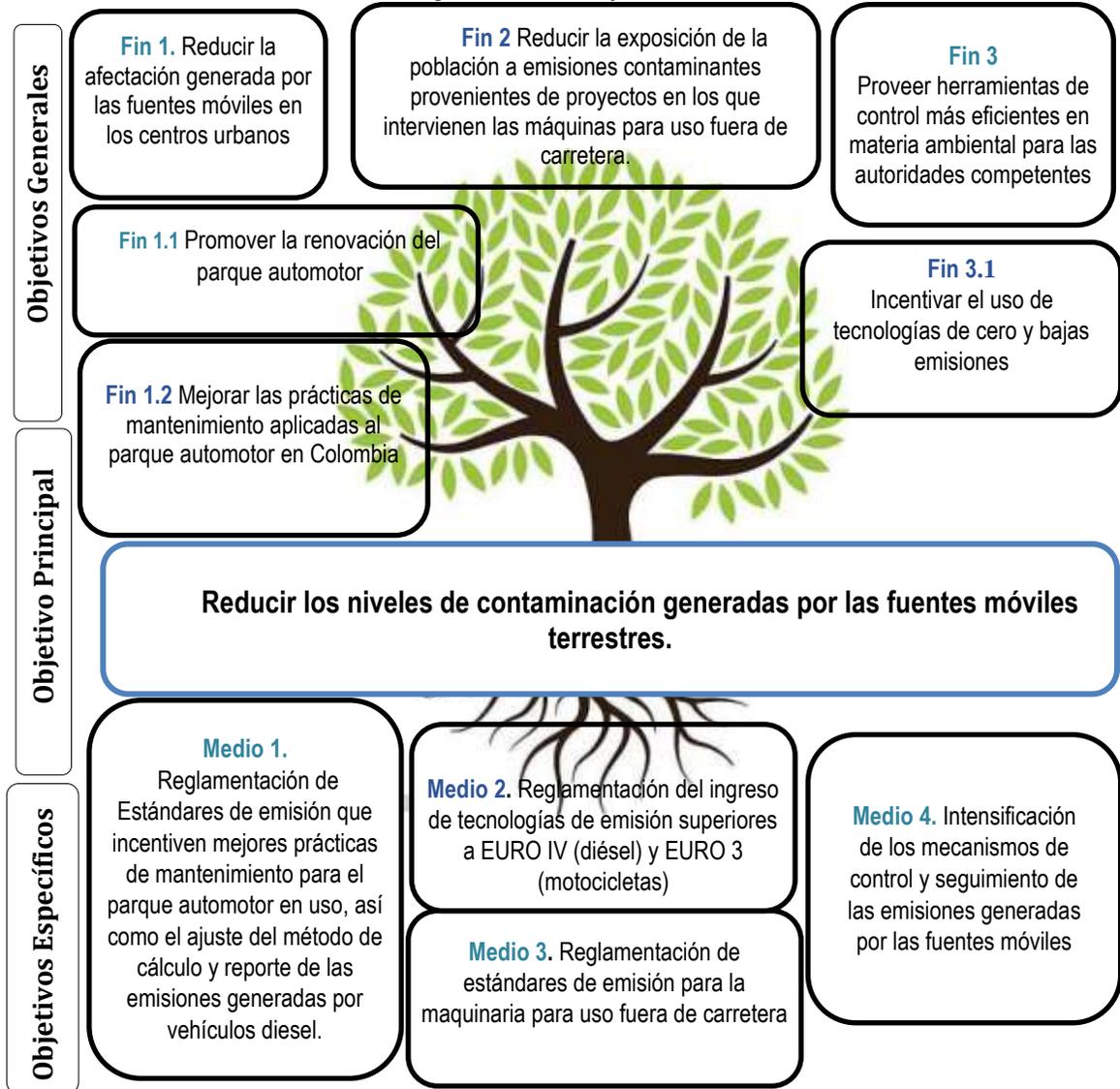
Conclusión

Se ha identificado la necesidad de implementar acciones que permitan exigir un mejor desempeño ambiental a los vehículos, tanto nuevos como en uso (fuentes móviles terrestres) y maquinaria para uso fuera de carretera que opera en el país, así como de fortalecer los instrumentos de control y seguimiento, en el ordenamiento jurídico que rige la materia en el territorio nacional.

4. DEFINICIÓN DE OBJETIVOS

4.1. ÁRBOL DE OBJETIVOS

Figura 5. Árbol de Objetivos



4.2. DESCRIPCIÓN DE OBJETIVOS

En concordancia con la información presentada en el árbol de objetivos a continuación se describen los fines y los medios para la obtención de los mismos.

Objetivo Principal: Reducir los niveles de contaminación generadas por las fuentes móviles terrestres.

En concordancia con las metas establecidas en la Ley 1522 de 2019 por la cual se expide el Plan Nacional de Desarrollo 2018-2022 Pacto por Colombia Pacto por la Equidad, Colombia debe avanzar en el mejoramiento de la calidad del aire para garantizar el derecho de los ciudadanos a gozar de un ambiente sano.

Con base en la problemática expuesta en el presente documento, se entiende que el mejoramiento de la calidad del aire es un hito que requiere de la articulación de múltiples acciones, desde las diferentes carteras del Gobierno Nacional además de un ejercicio integral de gobernanza, desde todos los actores involucrados en la problemática, para lograr un efecto sinérgico de reducción de las emisiones contaminantes generadas por las actividades antrópicas, dentro del marco de los objetivos de la sostenibilidad.

En este sentido, actualizar la norma de emisiones generadas por las fuentes móviles en el país es una condición necesaria, aunque insuficiente para avanzar en la senda de mejoramiento de la calidad del aire. A continuación, se describen los fines para los cuales se requiere de la actualización de la norma de emisiones y los medios que garantizarán que las acciones implementadas generarán los impactos deseados en las instancias relevantes para la consecución de los objetivos propuestos.

Fines:

- 1. Reducir la afectación generada por las fuentes móviles en los centros urbanos:** la modificación de la Resolución 910 de 2008, en todos sus capítulos, a saber, prueba dinámica, prueba estática y esquemas de control y seguimiento, favorecerá un efecto sinérgico de reducción de las emisiones contaminantes provenientes del parque Automotor y maquinaria para uso fuera de carretera, en el territorio nacional.
 - 1.1. Promover la renovación del parque automotor.** El establecimiento de estándares de emisión más exigentes para el parque automotor, en especial para aquel que tiene más de 20 años de uso propiciará la oportunidad para desintegrar las tecnologías obsoletas y a su vez, incentivar el uso de tecnologías limpias y el mejoramiento de las prácticas de mantenimiento preventivo. Así mismo para el caso de los vehículos nuevos, la habilitación y reglamentación de tecnologías de bajas emisiones favorecerá la maduración del parque automotor colombiano en materia de emisiones contaminantes.
 - 1.2. Mejorar las prácticas de mantenimiento aplicadas al parque automotor en Colombia.** De la mano de la inclusión de nuevas tecnologías vehiculares, así como del incremento en la restricción de los límites permisibles para los vehículos en uso, se habilita e incentiva en el país el mejoramiento de las prácticas de mantenimiento preventivo aplicado a las flotas vehiculares y de esta manera se avanza en los objetivos de mejoramiento de la calidad del aire.

2. **Reducir la exposición de la población a emisiones contaminantes provenientes de proyectos en los que intervienen las máquinas para uso fuera de carretera.** Las máquinas para uso fuera de carretera operan en proyectos en los que los operarios están permanentemente expuestos a las emisiones contaminantes, en algunas ocasiones en locaciones confinadas y con poca ventilación. Adicionalmente, de acuerdo con estimados preliminares, aproximadamente el 60 % de las fuentes móviles terrestres para uso fuera de carretera del país son utilizadas para construcción (Registro Único Nacional de Tránsito, 2019). Esta maquinaria opera sin restricción por prolongados lapsos de tiempo al lado de viviendas, colegios y otros lugares donde los problemas de salud pública asociados a la exposición a la contaminación son más apremiantes.
3. **Proveer herramientas de control más eficientes en materia ambiental para las autoridades competentes.** Conforme evolucionan las tecnologías vehiculares de combustión, también evolucionan los mecanismos de detección de contaminantes generados por las fuentes móviles terrestres. En este sentido, la presente iniciativa normativa habilita el uso de herramientas tecnológicas de amplio alcance así como de procedimientos administrativos para mejorar la efectividad de los esquemas de control y seguimiento implementados en la actualidad por parte de las autoridades competentes.
 - 3.1 **Incentivar el uso de tecnologías de cero y bajas emisiones.** Mediante el fortalecimiento de las restricciones en materia de emisión de contaminantes producto del uso de fuentes móviles terrestres, de la mano de estrategias con objetivos comunes que adelanta el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible en conjunto con otras carteras del Gobierno Nacional (tales como la estrategia de movilidad eléctrica), se busca crear en la ciudadanía criterios de selección de energéticos alternativos, los cuales en comparación con los combustibles fósiles son catalogados y reglamentados como: “*de cero y bajas emisiones*”. De esta manera, se incentiva el reemplazo de flotas vehiculares mediante la diversificación de la canasta energética del país.

Medios:

1. **Reglamentación de Estándares de emisión que incentiven mejores prácticas de mantenimiento para el parque automotor en uso, así como el ajuste del método de cálculo y reporte de las emisiones generadas por vehículos diésel.** El establecimiento de límites permisibles más estrictos, es un requisito indispensable tanto para la creación de conciencia ambiental en la ciudadanía, como para incentivar de mejores prácticas de mantenimiento preventivo que deriven en vehículos menos contaminantes. Se requiere de la calibración de nuevos límites permisibles de emisión para el parque automotor en general, en concordancia con los ascensos tecnológicos desarrollados a nivel mundial y con la calidad de los combustibles distribuidos a nivel nacional. Adicionalmente, la actualización del método de reporte de emisiones diésel, que excluya el diámetro de tubo de escape como variable de cálculo, es una condición urgente para el mejoramiento del seguimiento y control de las fuentes móviles. En este sentido, la presente iniciativa normativa propone estándares de emisión más estrictos para los vehículos en uso y un nuevo esquema de cálculo y reporte de emisiones generadas por los vehículos diésel.

2. **Reglamentación del ingreso de tecnologías de emisión equivalentes o superiores a EURO IV.** En concordancia con las disposiciones contenidas en la Ley 1972 de 2019, se debe reglamentar el ingreso de tecnologías vehiculares capaces de cumplir con los estándares de emisión equivalentes a EURO VI para el caso de los vehículos de encendido por compresión. En este sentido la presente iniciativa normativa delimita los estándares mínimos de emisión requeridos para posibilitar el ingreso y comercialización de tecnologías vehiculares a partir del año 2023 en Colombia.
3. **Reglamentación del ingreso de tecnologías de emisión equivalentes a EURO 3.** En concordancia con las disposiciones contenidas en la Ley 1972 de 2019, se debe reglamentar el ingreso de tecnologías vehiculares capaces de cumplir con los estándares de emisión equivalentes a EURO 3 para el caso de las motocicletas. En este sentido la presente iniciativa normativa delimita los estándares mínimos de emisión requeridos para posibilitar el ingreso y comercialización de estas tecnologías vehiculares a partir del año 2021 en Colombia.
4. **Reglamentación de estándares de emisión para la maquinaria para uso fuera de carretera.** Como respuesta a la necesidad de ejercer control y seguimiento de las emisiones generadas por la maquinaria definida como: “para uso fuera de carretera” para efectos de la presente iniciativa normativa, se propone el establecimiento de estándares mínimos de cumplimiento, así como los mecanismos de seguimiento respectivos, para este tipo de fuente móvil.
5. **Intensificación de los mecanismos de control y seguimiento de las emisiones generadas por las fuentes móviles.** Las autoridades ambientales deben fortalecer los esquemas de seguimiento y control de las emisiones provenientes de fuentes móviles, tales como los operativos de control en vía y el seguimiento a flotas vehiculares. En este sentido, la iniciativa regulatoria, debe incluir instrumentos adicionales que puedan ser usados por las autoridades ambientales, para realizar diagnóstico y control de los presuntos infractores ambientales en el territorio nacional, sin perjuicio de las actuaciones de las autoridades de tránsito.

5. SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS

A través de la articulación de los Ministerios de Ambiente y Desarrollo Sostenible y Minas y Energía, en aras de dar cumplimiento de lo previsto en el Artículo 2.2.5.1.4.5 del Decreto Único Reglamentario 1076 de 2015, en lo concerniente al establecimiento de las especificaciones de calidad, en materia ambiental y técnica respectivamente, de los combustibles que se han de importar, producir, distribuir y consumir en todo el territorio nacional; a continuación se describen las alternativas regulatorias disponibles, para dar respuesta a la problemática desarrollada.

5.1. IDENTIFICACIÓN DE ALTERNATIVAS

A continuación, se presentan las alternativas regulatorias consideradas para la iniciativa normativa de actualización de estándares de emisión para fuentes móviles terrestres en el territorio nacional.

5.1.1 ALTERNATIVAS REGULATORIAS PARA ASCENSO TECNOLÓGICO DEL PARQUE AUTOMOTOR PARA CIRCULACIÓN

Alternativa 5.1.1.1: No regular – Esta alternativa considera el escenario en el que se mantiene el *status quo*.

Alternativa 5.1.1.2: Regular tecnología EURO VI para vehículos de encendido por compresión (diésel). La reducción de los límites máximos permisibles, la utilización de ciclos armonizados de operación (WLTP para livianos, y WHTC y WHSC para pesados) y la evaluación del número de partículas que se contemplan en el estándar de emisiones Euro 6/VI obligan a los vehículos que funcionan con diésel a utilizar dispositivos de control de emisiones para reducir las emisiones de NOx y PM, como son los sistemas de reducción catalítica selectiva (SCR, por sus siglas en inglés) y filtros de partículas cerrados –*wall flow*– (DPF, por sus siglas en inglés).

La utilización de estos sistemas requiere de componentes adicionales para el control de inyección de urea (en el caso de SCR) y para el monitoreo de las emisiones de NOx y PM, contaminantes son monitoreados por el sistema OBD para gestionar el registro de fallas y la limitación del funcionamiento del vehículo cuando los límites OTL (OBD Threshold Limits). Así mismo, teniendo en cuenta que se contempla un límite máximo permisible para el amoniaco (NH₃), debido al uso del SCR, se contemplan convertidores catalíticos (ASC, por sus siglas en inglés). También el sistema de alimentación de combustible es mejorado, en términos del mezclado de aire y combustible, que requiere sistemas de monitoreo y actuadores adicionales para realizar la inyección adecuadamente.

Alternativa 5.1.1.2: Regular tecnología EURO 4 para vehículos de encendido por chispa (gasolina). El avance de Euro 2 a Euro 4, además de reducir los límites máximos permisibles que se debe cumplir, conlleva a la mejora del procedimiento de medición de las emisiones contaminantes de estas fuentes móviles. El ciclo ECE 15 + EUDC es reemplazado por el NEDC, cuyo procedimiento contempla la medición de las emisiones contaminantes sin realizar ciclos previos para calentar el motor, permitiendo tener en cuenta las emisiones que produce el vehículo cuando el motor está frío.

De otro lado, en este estándar, los vehículos deben tener un sistema de diagnóstico a bordo (OBD, por sus siglas en inglés), que monitorea el funcionamiento de los componentes que tienen efecto sobre las emisiones. Este sistema es esencial para que, en la operación normal de los vehículos, el propietario pueda evidenciar fallas de los componentes y gestionar el mantenimiento adecuado, y de esta manera contrarrestar un incremento inusual de las emisiones por estas fallas. Adicionalmente, a fin de monitorear el desempeño de los convertidores catalíticos, que son los dispositivos más comúnmente utilizados en este tipo de vehículos para reducir las emisiones de CO, HC y NOx, se hace necesaria la instalación de sensores de oxígeno después de los convertidores.

Por último, debido al nuevo procedimiento de medición, las estrategias de alimentación de combustible son mejoradas, con el objeto de disminuir el tiempo en el que el convertidor catalítico llega a su temperatura óptima de operación y así reducir las emisiones durante el periodo de calentamiento del motor.



Alternativa 5.1.1.4: Regular tecnología EURO 3 para motocicletas, fuentes móviles de 3 ruedas, cuadriciclos y demás fuentes móviles terrestres de carretera con componentes mecánicos de motocicleta.

Para el estándar de emisiones Euro 3, estas fuentes móviles comienzan a ser evaluadas bajo procedimientos de medición más exigentes, tales como, la medición de las emisiones desde el comienzo de la operación, y no después de un procedimiento preliminar de calentamiento del motor; la inclusión de un ciclo de conducción extraurbano para las motocicletas con una cilindrada igual o superior a 150 cm³, y la contemplación, por primera vez, de un ciclo mundial armonizado, el *World Motorcycle Test Cycle* (WMTC). Con el objeto de cumplir con los límites máximos permisibles de este estándar, evaluadas bajo estos procedimientos más rigurosos, las motocicletas comienzan a migrar a mejores niveles tecnológicos: cambio del sistema de alimentación, de carburador a inyección electrónica; presencia de dispositivos de reducción de emisiones, como, por ejemplo, convertidores catalíticos de tres vías, sistemas de inyección de aire secundario y de recirculación de los gases del cárter, y monitoreo de la relación de aire combustible por medio de un sensor de oxígeno.

Si bien esta evolución no es unívoca (existen casos en que las motocicletas con carburador pueden seguir cumpliendo un estándar Euro 3), la implementación del estándar obliga a instalar sistemas de postratamiento que reduzcan las emisiones de HC, CO y NOx, como sucede con los vehículos livianos que funcionan con gasolina.

5.1.2 ALTERNATIVAS REGULATORIAS PARA MAQUINARIA DE USO FUERA DE CARRETERA

Alternativa 5.1.2.1: No regular estándares para maquinaria para uso fuera de carretera

Alternativa 5.1.2.2: Regular estándares Tier II/Stage 2 (o equivalentes) para maquinaria para uso fuera de carretera

Alternativa 5.1.2.3: Regular estándares Tier 4 Interim /Stage IIIB para maquinaria para uso fuera de carretera.

6. EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS

Para evaluar las alternativas propuestas se aplica un análisis costo-beneficio, teniendo en cuenta los impactos ambientales, sociales y económicos previstos de la implementación.

6.1. IDENTIFICACIÓN DE COSTOS Y BENEFICIOS

Costos: La estimación de los costos utilizados se realizó bajo los supuestos de las adecuaciones tecnológicas que se deben realizar en los vehículos, bajo diferentes tipos de combustión, que permitan alcanzar los estándares de emisión determinados por el ascenso tecnológico reglamentado.



Beneficios: Los beneficios se calculan con base en la estimación de los costos sociales de la emisión de contaminantes, proyectando una línea base tendencial en la que no se consideran reducciones de los contaminantes ante la no regulación de nuevos estándares de emisión; esta línea base se contrastó con una proyección de disminución de emisiones contaminantes bajo la implementación de los distintos ascensos tecnológicos descritos en la norma propuesta. Para ello se calcularon los ahorros por tonelada de contaminante evitado, tomando como referencia los datos reportados por (Peter Beckel, 2005). Estos valores son transferidos (valor fijo) por la metodología de paridad del poder adquisitivo, el cual traslada los valores del estudio de referencia tomando variables como el ingreso per cápita del país de origen del estudio, con el ingreso del país de destino de la transferencia del valor, al igual que el IPC del país de origen del estudio y el IPC del país destino.

6.2. IDENTIFICACIÓN Y REVISIÓN DE INFORMACIÓN DISPONIBLE

A continuación, se revisa para cada una de las alternativas descritas, la información disponible respecto de los costos y beneficios identificados para efectos de la valoración económica ambiental que ocupa el presente análisis de impacto normativo.

6.2.1 Costos:

Se cuenta con información de costos asociados a cada una de las alternativas regulatorias, según se presenta a continuación:

Ascenso tecnológico – vehículos de encendido por compresión: Se cuenta con información secundaria de la estimación de costos asociados al ascenso tecnológico de vehículos diésel, de EURO IV a EURO VI disponible en el estudio publicado por ICCT en 2020: “*Análisis costo beneficio de las normas EURO VI sobre emisiones de vehículos pesados en Argentina*” (ICCT, 2020).

Ascenso tecnológico – vehículos de encendido por chispa – gasolina: Se cuenta con información secundaria de la estimación de costos asociados al ascenso de la tecnología EURO 2 a EURO 4, disponible en el estudio publicado por ICCT en 2012: “*Estimated Cost of Emission Reduction Technologies for Light-Duty Vehicles*” (ICCT, 2012)

Ascenso tecnológico – motocicletas: Se cuenta con información primaria, de uno de los ensambladores locales de motocicletas, sobre los costos asociados al ascenso de la tecnología EURO 2 a EURO 3.

Reglamentación de Estándares para maquinaria para uso fuera de carretera: Se cuenta con información secundaria obtenida del estudio publicado por ICCT en 2018: “*Costs of Emission Reduction Technologies for Diesel Engines Used in Non-Road Vehicles and Equipment*” en conjunto con el análisis presentado en: “*Análisis Técnico-Económico de La Aplicación de Una Nueva Norma de Emisión Para Motores de Maquinaria Fuera de Ruta a Nivel País.*” (Geasur, 2014)



6.2.2. Beneficios:

Se desarrolló la estimación de la reducción de emisiones contaminantes derivadas de la proyección de crecimiento del parque automotor, mediante la herramienta LEAP IBC, con un horizonte temporal de 15 años (2020-2035), incluyendo la incorporación de los ascensos tecnológicos listados anteriormente (para vehículos de encendido por compresión y encendido por chispa-gasolina-). A partir de esta reducción de emisiones, se desarrolló una valoración económica ambiental, para determinar el costo ahorrado (beneficio) por tonelada de contaminante que se deja de emitir.

Para el caso de la reglamentación asociada a los estándares de emisión correspondientes a los vehículos que operan con gas natural, no se realiza una valoración económica ambiental debido a la limitada disponibilidad de información para análisis, sin embargo, es preciso destacar que el ascenso tecnológico propuesto en la regulación, incorpora mejoras en las emisiones de CO, HC, NOX e incluye el seguimiento del parámetro PM10. Al igual que los vehículos de encendido por compresión, estos vehículos deben cumplir con estándares Euro 6/VI, por lo que los requisitos en términos de ciclos y de evaluación de número de partículas son similares. Para los vehículos pesados, la exigencia del cumplimiento del material particulado es obligatoria, mientras que para livianos depende del sistema de inyección. Debido a la exigencia del control de material particulado, los sistemas de alimentación de combustible contemplados son sistemas de inyección electrónica, que permiten una mejor mezcla de aire combustible.

De otro lado, la reducción de NOx en los límites máximos permisibles para estos vehículos ha llevado a incorporar sistemas que eran usados estrictamente para vehículos de encendido por compresión -diésel-, como es el SCR. Si bien el convertidor catalítico de tres vías que se utiliza para este tipo de vehículos son eficientes en la reducción de NOx, la implementación del SCR es una opción que se incluye en algunos motores que funcionan con GN o GLP. Adicionalmente, el monitoreo de componentes que tengan incidencia en las emisiones contaminantes está contemplado en el estándar Euro 6/VI, por medio de un sistema OBD, lo que resulta en la instalación de sensores adicionales que permiten monitorear adecuadamente el desempeño ambiental de los vehículos en operación. Por último, la instalación de turbocargadores es una necesidad en estas fuentes móviles para mejorar su rendimiento, al aumentar controladamente la densidad del aire de alimentación, y así mejorar su eficiencia.

A continuación, se plantean las limitaciones del análisis costo-beneficio, con base en la información disponible para la fecha de elaboración del análisis de impacto.

- El análisis es susceptible de mejora incorporando mayores estudios en los que se presente resultados de cálculos de costo social por tonelada de contaminante emitido. Es deseable incorporar valores locales para los contaminantes criterio fundamentalmente. También es deseable realizarlo, bajo el riesgo relativo de las enfermedades relacionadas con el deterioro de la calidad del aire. Para ello se requiere contar con datos específicos de emisión-concentración e impacto en salud, morbilidad, mortalidad, zonificado en áreas específicas del país.



- Es deseable acceder a información con mayor detalle sobre el costeo de las especificaciones técnicas de los cambios tecnológicos, con referencia de información local y distribuidos de forma detallada por tipo de vehículo.
- Las proyecciones de ingresos de vehículos están claramente influenciadas por el efecto de la emergencia sanitaria nacional, las caídas en las ventas del año 2020 distorsionan las proyecciones realizadas, se toma como referencia una tasa de crecimiento referenciada por el sector que puede subestimar la capacidad de crecimiento del parque automotor.

6.3. JUSTIFICACIÓN DE LA METODOLOGÍA UTILIZADA

Debido al protagonismo de las emisiones provenientes de fuentes móviles en los inventarios de emisiones nacionales y regionales y teniendo en consideración la calidad de la información disponible, se estima conveniente aplicar un análisis costo-beneficio. Este tipo de análisis permite estimar, una relación de proporción entre los costos de la implementación de las alternativas regulatorias propuestas y los beneficios que se espera obtener de la misma.

6.4. EVALUACIÓN DE LAS ALTERNATIVAS

En este capítulo se evalúan las alternativas regulatorias (en términos de costo-beneficio) consideradas para la norma objeto del presente análisis de impacto. En primer lugar, se discute lo relativo a los ascensos tecnológicos planteados, que implican que la comercialización de vehículos con tecnología de emisión inferior a la propuesta en la regulación, no sea permitida. Finalmente se discutirá lo relativo a la definición de estándares de emisión necesarios para la importación o nacionalización de maquinaria para uso fuera de carretera, tomando en consideración las excepciones listadas en el articulado del presente proyecto normativo.

En este sentido, es pertinente aclarar que, con ocasión de la publicación de la Ley 1972 de 2019, se definen las alternativas regulatorias que deben ser implementadas en el país, para el caso de los vehículos de encendido por compresión (diésel) y motocicletas, para 2023 y 2021 respectivamente. La selección de la tecnología (estándar de emisión) para los vehículos de encendido por chispa que funcionan con gasolina, se determinó en función de los parámetros de calidad de la gasolina disponible en el país en la actualidad y la prevista en la regulación por el Gobierno Nacional para 2022-2030.

6.4.1 ASCENSO TECNOLÓGICO

6.4.1.1. Vehículos de encendido por compresión EURO IV a EURO VI

De acuerdo con información reportada en las bases de datos de RUNT (corte junio 2020) el parque automotor del país registra un ingreso promedio anual de 42,258 unidades nuevas de vehículos diésel, el registro es analizado en el periodo comprendido entre 2010 y 2019. En la evolución histórica de ingreso, el crecimiento promedio anual es del orden del 5,6% en los últimos 10 años y del 12,10% en los últimos 20 años. Las proyecciones realizadas por el centro de investigaciones económicas del

banco Davivienda, definen un posible cierre en ventas de vehículos diésel para el año 2020, con un decrecimiento del 36,7%. En el presente documento se estimó dicha reducción con base en los ingresos de vehículos reportados para el año 2019. Desde el año 2015 hasta el año 2019, se presenta una marcada disminución de ingresos de unidades nuevas al mercado, acentuada por las condiciones presentadas en el escenario de emergencia sanitaria en el año 2020, sobre la cual se sustentan las proyecciones negativas para dicho año.

AÑO	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020 P*	2020-06
INGRESOS	6.332	7.017	8.732	12.196	13.323	17.436	26.774	46.965	45.693	37.247	23.642	50.958	68.951	63.740	44.933	54.461	28.797	31.254	26.381	29.461	18.649	2.637
VARIACIÓN		10,82%	24,44%	39,67%	9,24%	30,87%	53,56%	75,41%	-2,71%	-18,48%	-36,53%	115,54%	35,31%	-7,56%	-29,51%	21,20%	-47,12%	8,53%	-15,59%	11,68%	-36,70%	
V. PROM/20	12,10%																					
V.PROM.10	5,60%																					

Tabla 1. Proyecciones parque automotor diésel

Para la evaluación de los impactos con la implementación del ascenso tecnológico, se tomó como referencia la tasa proyectada de crecimiento del sector, de 5%, la cual coincide con la evolución histórica de las unidades nuevas de los últimos 10 años. La simulación se realizó teniendo como referencia el crecimiento de la carga contaminante asociado al ingreso de nuevos vehículos de encendido por compresión con tecnologías EURO IV. Posteriormente, se simula la reducción de emisiones bajo el supuesto del ingreso de la tecnología EURO VI, de lo cual se obtiene la reducción de las emisiones esperada de la implementación de este aspecto regulatorio.

Para el escenario de incorporación de vehículos EURO VI, se aplicó un supuesto de diseño en el cual se considera que anualmente se desintegrará/chatarrizará o repotenciará un 5%⁴ del parque automotor diésel, obteniendo en 2035 un 60% de reemplazo de la flota actual. Esta es una consideración conservadora, teniendo en cuenta las disposiciones establecidas en la Ley 1972/2019, las cuales, entre otras, señalan en su artículo 5to que para ese año no podrán circular vehículos con motor diésel que no cumplan con estándares EURO VI.

A continuación, se presentan las reducciones esperadas en el escenario con renovación de flota vehicular de encendido por compresión de 5% anual.

⁴ De manera complementaria, se corrió un escenario crítico que no contempla ninguna tasa de renovación o reemplazo de la flota de encendido por compresión, a fin de ilustrar que la reglamentación de tecnologías nuevas, sin un programa de renovación para el parque automotor, generará beneficios menores que los esperados en un escenario con renovación efectiva del parque automotor. Los resultados de este escenario se presentan en el apéndice A.



SO 2																
Escenario	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035
Línea base	8.469	8.530	8.593	8.660	8.730	8.804	8.883	8.965	9.052	9.144	9.241	9.343	9.450	9.563	9.682	9.808
Emisiones EURO VI	8.469	8.020	8.083	8.148	8.216	8.288	8.363	8.443	8.528	8.617	8.712	8.812	8.917	9.028	9.145	9.269
Reducción/Ton/año	0	509	510	512	514	517	520	522	525	527	529	530	533	535	537	539
PM 2,5																
Escenario	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035
Línea base	43.523	45.038	46.534	48.009	49.466	50.905	52.327	53.734	55.127	56.515	57.899	59.280	60.659	62.041	63.428	64.823
Emisiones EURO VI	43.523	45.038	46.534	48.006	42.972	39.335	36.119	33.427	31.502	30.780	30.346	29.995	29.648	29.439	29.212	28.976
Reducción/Ton/año	0	0	0	3	6.495	11.570	16.208	20.308	23.625	25.735	27.553	29.285	31.011	32.601	34.216	35.847
NO x																
Escenario	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035
Línea base	443.640	447.509	451.440	455.430	459.477	463.582	467.740	471.960	476.247	480.621	485.089	489.646	494.292	499.037	503.890	508.858
Emisiones EURO VI	443.640	447.509	451.440	455.175	440.899	427.476	414.281	401.175	389.650	380.784	372.952	365.336	357.706	350.436	343.193	335.983
Reducción/Ton/año	0	0	0	255	18.578	36.106	53.459	70.785	86.597	99.837	112.137	124.311	136.585	148.601	160.697	172.875
VOC																
Escenario	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035
Línea base	1.072.136	1.102.987	1.133.778	1.164.514	1.195.222	1.225.923	1.256.634	1.287.424	1.318.378	1.349.620	1.381.212	1.413.166	1.445.505	1.478.295	1.511.615	1.545.512
Emisiones EURO VI	1.072.136	1.102.987	1.133.778	1.164.519	1.192.405	1.220.670	1.249.037	1.277.629	1.306.825	1.337.104	1.367.963	1.399.233	1.430.888	1.463.027	1.495.690	1.528.929
Reducción/Ton/año	0	0	0	-5	2.817	5.254	7.597	9.795	11.552	12.516	13.249	13.933	14.617	15.269	15.925	16.584
CO																
Escenario	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035
Línea base	17.508.384	18.132.074	18.757.459	19.384.101	20.011.843	20.640.411	21.269.377	21.899.389	22.531.351	23.166.898	23.806.447	24.449.597	25.096.127	25.746.522	26.401.728	27.062.095
Emisiones EURO VI	17.508.384	18.132.074	18.757.459	19.384.099	20.005.341	20.627.964	21.251.130	21.875.591	22.502.790	23.134.991	23.771.590	24.411.887	25.055.581	25.703.200	26.355.607	27.013.158
Reducción/Ton/año	0	0	0	2	6.502	12.447	18.247	23.798	28.561	31.906	34.857	37.709	40.546	43.322	46.121	48.937

Tabla 2. Reducción emisiones proyectadas - EURO V
Fuente: Elaboración propia a partir de LEAP

6.4.1.2. Vehículos de encendido por chispa EURO 2 a EURO 4

De acuerdo con información reportada en las bases de datos de RUNT (corte junio 2020), los ingresos de nuevos vehículos con encendido por chispa, gasolina, en los últimos 5 años representa en promedio de 227,692 anuales, con un crecimiento porcentual promedio del 4,10%; en los últimos 20 años este promedio anual esta expresado en un 7,65%. Las proyecciones sobre el ingreso de vehículos nuevos de los próximos 15 años se realiza con una tasa de crecimiento del 5% como referencia del comportamiento histórico y las bases de información obtenidas de fuentes de la asociación nacional de movilidad sostenible. De igual forma, se toma como referencia el cierre proyectado para el año 2020 con una disminución de unidades del 36,7% emitido por el área de Investigaciones económicas de Davivienda.

AÑO	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020 P*
INGRESOS	44.243	40.754	55.240	70.753	69.585	100.077	122.919	167.306	195.368	146.453	145.038	230.420	251.133	243.328	229.425	261.809	230.641	220.298	193.702	188.470	119.302
VAR/ANUAL		-7,89%	35,54%	28,08%	-1,65%	43,82%	22,82%	36,11%	16,77%	-25,04%	-0,97%	58,87%	8,99%	-3,11%	-5,71%	14,12%	-11,90%	-4,48%	-12,07%	-2,70%	-36,70%
V. PROMEDIO/20	7,65%																				
V. PROMEDIO/10	4,10%																				

Tabla 3. Proyecciones parque automotor - gasolina



A continuación, se ilustra el resultado de la reducción esperada ante la incorporación de tecnologías EURO 4 a partir del año 2022 para este tipo de fuentes, para los distintos contaminantes evaluados.

SO ₂																
Escenario	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035
Línea base	8.469	8.530	8.593	8.660	8.730	8.804	8.883	8.965	9.052	9.144	9.241	9.343	9.450	9.563	9.682	9.808
Emisiones Tecnología Euro 4	8.469	8.530	2.543	2.551	2.559	2.569	2.579	2.590	2.602	2.616	2.630	1.572	1.574	1.577	1.580	1.583
Reducción (Ton)	0	0	6.050	6.109	6.171	6.236	6.304	6.375	6.450	6.528	6.611	7.770	7.876	7.987	8.103	8.225
PM _{2,5}																
Escenario	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035
Línea base	43.523	45.038	46.534	48.009	49.466	50.905	52.327	53.734	55.127	56.515	57.899	59.280	60.659	62.041	63.428	64.823
Emisiones Tecnología Euro 4	43.523	45.038	46.533	48.009	49.465	50.904	52.325	53.731	55.123	56.509	57.893	59.272	60.649	62.029	63.415	64.807
Reducción (Ton)	0	0	0	1	1	2	2	3	4	5	7	8	10	11	13	15
Nox																
Escenario	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035
Línea base	443.640	447.509	451.440	455.430	459.477	463.582	467.740	471.960	476.247	480.621	485.089	489.646	494.292	499.037	503.890	508.858
Emisiones Tecnología Euro 4	443.640	447.193	450.740	454.321	457.935	461.581	465.254	468.960	472.702	476.502	480.361	484.276	488.242	492.270	496.367	500.536
Reducción (Ton)	0	316	701	1.109	1.542	2.000	2.486	3.000	3.544	4.120	4.728	5.371	6.050	6.766	7.523	8.322
VOC																
Escenario	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035
Línea base	1.072.136	1.102.987	1.133.778	1.164.514	1.195.222	1.225.923	1.256.634	1.287.424	1.318.378	1.349.620	1.381.212	1.413.166	1.445.505	1.478.295	1.511.615	1.545.512
Emisiones Tecnología Euro 4	1.072.136	1.102.026	1.131.680	1.161.140	1.190.425	1.219.550	1.248.521	1.277.402	1.306.268	1.335.235	1.364.356	1.393.632	1.423.078	1.452.747	1.482.708	1.512.996
Reducción (Ton)	0	961	2.097	3.373	4.796	6.374	8.113	10.022	12.110	14.385	16.856	19.534	22.427	25.548	28.907	32.516
CO																
Escenario	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035
Línea base	17.508.384	18.132.074	18.757.459	19.384.101	20.011.843	20.640.411	21.269.377	21.899.389	22.531.351	23.166.898	23.806.447	24.449.597	25.096.127	25.746.522	26.401.728	27.062.095
Emisiones tecnología Euro 4	17.508.384	18.121.433	18.733.896	19.345.534	19.956.087	20.565.174	21.172.252	21.777.851	22.382.751	22.988.453	23.595.240	24.202.563	24.810.053	25.418.035	26.027.288	26.637.988
Reducción (Ton)	0	10.641	23.563	38.567	55.756	75.237	97.124	121.537	148.600	178.445	211.208	247.034	286.074	328.487	374.440	424.108

Tabla 4. Reducción de emisiones proyectadas - parque automotor gasolina –
Fuente: Elaboración Propia a partir de LEAP

6.4.1.3 Vehículos de encendido por chispa – motocicletas EURO 2 a EURO 3

El crecimiento del ingreso por año de motos en el país, analizado en los últimos 20 años, es del 15,3%; desde el año 2010 al 2020P*(parcial) la variación promedio anual de nuevos ingresos es del orden del 5,82%. Esta última cifra es tomada como referencia para la proyección de ingresos nuevos desde el año 2021 hasta el año 2035. La tasa de crecimiento fue contrastada con el sector confirmando un escenario moderado para las ventas de motos en los próximos 15 años.



AÑO	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020 P*
INGRESOS	48.516	49.099	53.540	77.191	101.164	176.126	352.370	406.647	490.986	338.033	322.272	443.140	529.297	545.607	645.359	662.291	604.333	526.686	429.912	523.872	470.000
VARIACIÓN		1,20%	9,04%	44,17%	31,06%	74,10%	100,07%	15,40%	20,74%	-31,15%	-4,66%	37,50%	19,44%	3,08%	18,28%	2,62%	-8,75%	-12,85%	-18,37%	21,86%	-10,28%
V. PROMEDIO/20	15,63%																				
V. PROMEDIO/10	5,82%																				

Tabla 5. Proyecciones parque automotor - motocicletas

Con esta proyección, incorporando en el análisis la entrada en vigencia del estándar EURO 3 en motocicletas para el 2021 en Colombia, se obtuvo el siguiente resultado en cuanto a la reducción de emisiones esperada.

SO ₂																
Escenario	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035
Línea base	4.440	4.299	4.553	4.613	4.677	4.744	4.814	4.887	4.964	5.045	5.130	5.219	5.313	5.411	5.514	5.623
Emisiones Tecnología Euro 3	4.440	4.299	758	768	779	790	802	814	827	840	854	172	175	179	182	186
Reducción	0	0	3.795	3.845	3.898	3.954	4.012	4.073	4.138	4.205	4.276	5.047	5.138	5.233	5.332	5.437
PM _{2,5}																
Escenario	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035
Línea base	10.834	10.573	10.290	9.985	9.663	9.324	8.972	8.610	8.240	7.865	7.490	7.116	6.746	6.385	6.033	5.693
Emisiones Tecnología Euro 3	10.834	10.573	10.290	9.985	9.663	9.324	8.972	8.610	8.240	7.865	7.490	7.116	6.746	6.385	6.033	5.693
Reducción	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NO _x																
Escenario	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035
Línea base	70.238	71.803	73.418	75.084	76.805	78.582	80.420	82.320	84.286	86.322	88.430	90.615	92.880	95.230	97.667	100.198
Emisiones Tecnología Euro 3	70.238	71.487	72.766	74.076	75.419	76.797	78.211	79.662	81.154	82.688	84.266	85.891	87.564	89.288	91.066	92.900
Reducción	0	316	652	1.008	1.385	1.785	2.209	2.657	3.132	3.634	4.164	4.724	5.316	5.941	6.601	7.297
VOC																
Escenario	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035
Línea base	570.020	594.565	619.385	644.491	669.899	695.622	721.676	748.078	774.845	801.996	829.551	857.529	885.951	914.839	944.217	974.105
Emisiones Tecnología Euro 3	570.020	593.604	617.335	641.218	665.263	689.475	713.864	738.438	763.207	788.181	813.371	838.787	864.441	890.343	916.508	942.944
Reducción	0	961	2.050	3.273	4.636	6.147	7.812	9.640	11.638	13.815	16.180	18.742	21.510	24.495	27.708	31.160
CO																
Escenario	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035
Línea base	10.408.90	10.880.51	11.355.18	11.833.07	12.314.34	12.799.13	13.287.63	13.780.02	14.276.51	14.777.31	15.282.64	15.792.73	16.307.81	16.828.13	17.353.95	17.885.461
Emisiones Tecnología Euro 3	10.408.90	10.869.86	11.331.98	11.795.29	12.259.86	12.725.74	13.192.98	13.661.67	14.131.90	14.603.75	15.077.29	15.552.63	16.029.84	16.509.02	16.990.28	17.473.628
Reducción	0	10.641	23.204	37.784	54.480	73.398	94.647	118.343	144.606	173.564	205.349	240.102	277.969	319.105	363.669	411.833

Tabla 6. Reducción de emisiones proyectadas - Euro 3 – Motocicletas –
Fuente: Elaboración propia a partir de LEAP



6.4.2 Maquinaria para uso fuera de carretera

Para el caso de la maquinaria para uso fuera de carretera, se calculó el beneficio del ascenso tecnológico de la maquinaria existente, obteniéndose como resultado el siguiente perfil de reducción de emisiones contaminantes.

Año	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	TOTAL
NOx	101	197	275	341	402	462	521	580	629	672	715	756	788	6.441
SO2	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	9
CO2	402	769	1.131	1.464	1.751	2.012	2.274	2.536	2.789	3.035	3.291	3.545	3.810	28.808
PM2.5	20	38	55	68	80	92	103	114	123	130	137	144	153	1.257

Tabla 7. Reducción de emisiones proyectada - maquinaria para uso fuera de carretera

6. ELECCIÓN DE LA MEJOR ALTERNATIVA

En el Análisis costo beneficio se trata de considerar todos los costos y beneficios para la sociedad en su conjunto, es decir, los costos y los beneficios sociales. Por esta razón algunos expertos se refieren al ACB como un análisis costo beneficio social. El ACB es un método de evaluación de políticas que cuantifica en términos monetarios el valor de las consecuencias de una política para todos los miembros de la sociedad, traducido en un proceso normativo ambiental. (Boardman, 2011)

Para el análisis Costo- Beneficio se cuantificaron las externalidades positivas generadas por la reducción expresada en toneladas de cada contaminante asociado al tipo de combustible, en especial SO₂, PM_{2.5}, NO₂ y VOC. Se utilizó el método de transferencia de beneficios de valor fijo, tomando como referencia el estudio (Peter Beckel, 2005). Los valores del estudio fueron transferidos por PPA a pesos colombianos del 2020.

PM mortality O ₃ mortality Health core? Health sensitivity? Crops O ₃ /health metric	VOLY median VOLY median Included Not included Included SOMO 35	VSL median VOLY median Included Not included Included SOMO 35	VOLY mean VOLY mean Included Included Included SOMO 0	VSL mean VOLY mean Included Included Included SOMO 0
EU25 (excluding Cyprus) averages				
NH ₃	€11,000	€16,000	€21,000	€31,000
NOx	€4,400	€6,600	€8,200	€12,000
PM _{2.5}	€26,000	€40,000	€51,000	€75,000
SO ₂	€5,600	€8,700	€11,000	€16,000
VOCs	€950	€1,400	€2,100	€2,800
Seas averages				
NH ₃	n/a	n/a	n/a	n/a
NOx	€ 2,500	€ 3,800	€ 4,700	€ 6,900
PM _{2.5}	€ 13,000	€ 19,000	€ 25,000	€ 36,000
SO ₂	€ 3,700	€ 5,700	€ 7,300	€ 11,000
VOCs	€ 780	€ 1,100	€ 1,730	€ 2,300

Tabla 8. Valor social (disposición a pagar) por tonelada de contaminante

Fuente: (Peter Beckel, 2005).

Se tomó una tasa social de descuento del 3% recomendada por el ANLA para una temporalidad de 11 a 49 años, la temporalidad de la evaluación fue de 15 años, los beneficios fueron calculados con los valores del costo social por tonelada evitada de acuerdo a las simulaciones realizadas bajo LEAP IBC, teniendo como referencia un crecimiento del parque automotor bajo las nuevas exigencias normativas para vehículos a combustión a gasolina, diésel y motos. Los principales contaminantes valorados fueron SO₂, PM_{2.5}, NO₂ y VOC. Los costos fueron calculados con base al valor de la actualización tecnológica media por vehículo de acuerdo al tipo de combustión gasolina y diésel, se evaluó de forma separada los costos del ascenso tecnológico de las motos y de los vehículos para uso fuera de carretera.

Los resultados del análisis costo-beneficio se presentan a continuación:

TSD	3%
VPN BENEFICIOS	\$86.469.530.508.726
VPN COSTOS	\$2.221.771.207.306
VPN TOTAL	84.247.759.301.419
RBC	38,9

Tabla 9. Resultados evaluación costo-beneficio - impacto acumulado propuesta regulatoria
Fuente: Elaboración Propia

De esta manera se evidencia que la mejor opción en términos de costo-beneficio, es dar curso a la reglamentación planteada en la Ley 1972 de 2019, incorporando mejoras adicionales, tales como la regulación de estándares para maquinaria para uso fuera de carretera y la incorporación de tecnologías EURO 4 para vehículos de encendido por chispa a partir de 2022 en el territorio nacional. La relación costo-beneficio resultante es de 38,9 implicando que se estima que, para los escenarios descritos, en conjunto los beneficios equivalen a 38,9 veces los costos asociados. A continuación, se resumen las alternativas regulatorias seleccionadas.

Alternativa 5.1.1.2: Regular tecnología EURO VI para vehículos de encendido por compresión (diésel).

Alternativa 5.1.1.2: Regular tecnología EURO 4 para vehículos de encendido por chispa (diferentes de motocicletas que usan gasolina).

Alternativa 5.1.1.4: Regular tecnología EURO 3 para motocicletas, fuentes móviles de 3 ruedas, cuadriciclos y demás fuentes móviles terrestres de carretera con componentes mecánicos de motocicleta.

Alternativa 5.1.2.3: Regular estándares Tier 4 Interim /Stage IIIB para maquinaria para uso fuera de carretera.

El comportamiento esperado de los contaminantes de interés para esta selección de alternativas regulatorias, se ilustra en las siguientes imágenes, las cuales presentan el escenario configurado



mediante la herramienta LEAP IBC, atendiendo las consideraciones ilustradas en el presente documento y para el propósito de evaluación de implementación de la norma en actualización.

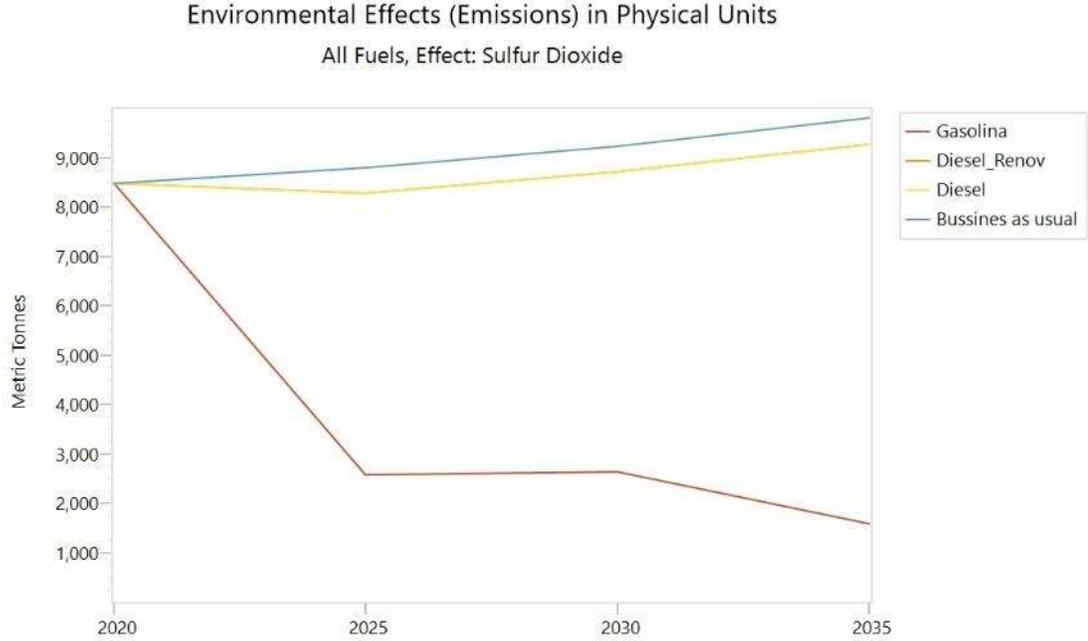


Figura 6. Reducciones SO2 - Leap IBC
Fuente: Elaboración propia – escenario normativo

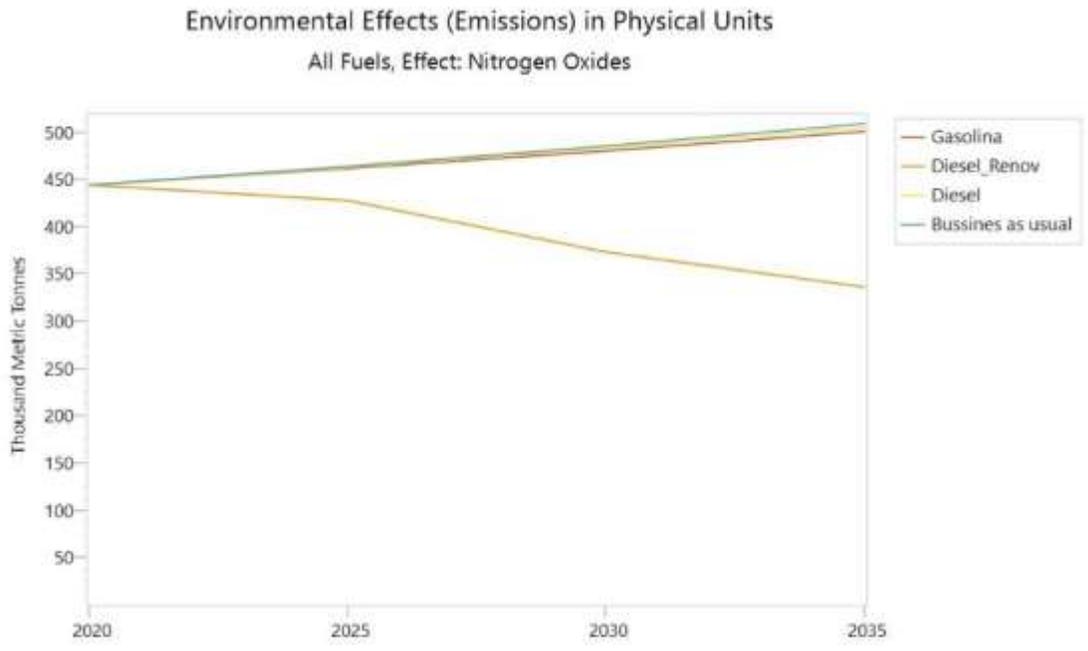


Figura 7. Reducciones NOX – Leap IBC
Fuente: Elaboración propia – escenario normativo



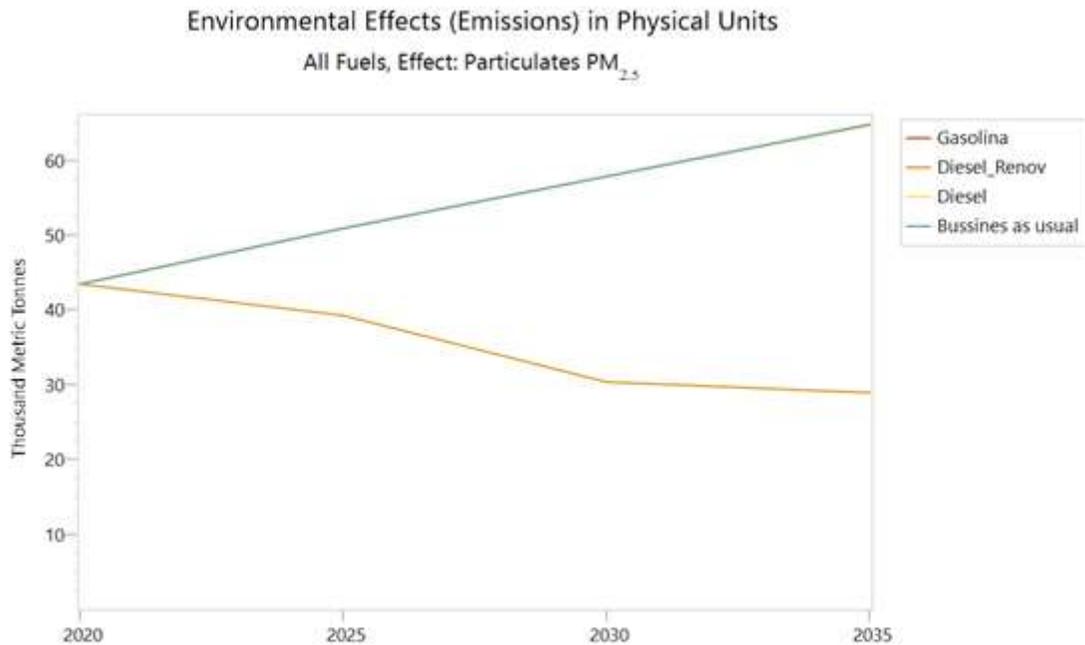


Figura 8. Reducciones PM_{2.5} - Leap IBC
Fuente: Elaboración propia – escenario normativo

6.1. JUSTIFICACIÓN

La selección de alternativas regulatorias se basó en la evaluación de las relaciones costo-beneficio tomando en consideración que los beneficios previstos alcanzan una proporción, en el peor de los casos (sin considerar renovación del parque automotor diésel en 15 años), cuatro veces mayor que los costos asociados. Adicionalmente es pertinente aclarar que, con base en la información disponible, existen beneficios adicionales que no se cuantificaron para el presente análisis, tales como aquellos asociados a la morbilidad, daños a infraestructura, visibilidad (servicios ecosistémicos de paisaje) y ruido.

7. CONSULTA PÚBLICA

El desarrollo de la presente iniciativa normativa se adelantó con la participación activa de los interesados, lo cual fue garantizado mediante los procesos de consulta pública nacional descritos a continuación.

7.1. RESULTADOS DE LAS CONSULTAS PÚBLICAS

- Consulta pública definición del problema: entre el 02 y el 17 de junio de 2020, disponible en: https://www.minambiente.gov.co/images/Atencion_y_participacion_al_ciudadano/consultas_publicas_2020/AINProblema%CC%81ticaPreliminar.pdf
- Consulta Pública Articulado de Resolución y Documento Técnico de Soporte, entre el 2 y el 23 de septiembre de 2020: El Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible pone a disposición el proyecto de resolución "Por la cual se reglamentan los límites máximos permisibles de emisión de contaminantes que deberán cumplir las fuentes móviles terrestres, se reglamenta el artículo 2.2.5.1.8.2 del Decreto 1076 de 2015 y se adoptan otras disposiciones" Proyectos: <https://www.minambiente.gov.co/index.php/ministerio/consultas-publicas>.
- Consulta Pública Análisis de Impacto Normativo: septiembre 28 de 2020.

8. IMPLEMENTACIÓN Y MONITOREO

La Resolución regirá a partir de su publicación en el diario oficial.

8.1. IMPLEMENTACIÓN Y CUMPLIMIENTO

El Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible es la Entidad encargada de monitorear el proyecto regulatorio y garantizar su implementación y seguimiento en el territorio nacional, en armonía con las autoridades ambientales regionales, de conformidad con el régimen de competencias establecido para el sistema nacional ambiental, a partir de la fecha de su publicación.

9. ANEXOS

Sin Anexos



REFERENCIAS

- AMVA. (2019). *Actualización Inventario de Emisiones Atmosféricas del Valle de Aburrá*. Medellín.
- CCAC, Climate & Clean Air Coalition. (2016). *Cleaning Up the Global On-Road Diesel Fleet*.
- DNP. (2018). Obtenido de <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Prensa/Presentaci%C3%B3n%20Foro%20Calidad%20Aire.pdf>
- European Environment Agency. (2018). *Air pollutant emissions data viewer (Gothenburg Protocol, LRTAP Convention) 1990-2016*. Recuperado el Julio de 2019, de <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/dashboards/air-pollutant-emissions-data-viewer-1>
- Group, A. Q. (2018). *Ultra Fine Particles (UFP) in the UK*. UK.
- ICCT. (2012). *Estimated Cost of Emission Reduction Technologies for Light-Duty Vehicles*.
- ICCT. (2020). *Análisis costo beneficio de las normas EUROVI sobre emisiones de vehículos pesados en Argentina*.
- IDEAM. (2019). *Informe Metodológico - Estadísticas de Seguimiento y Monitoreo de la calidad del aire*. Bogotá. Recuperado el 15 de 04 de 2020, de http://www.ideam.gov.co/documents/11769/72065195/M-GCI-M003+Documento+Metodologico+Monitoreo+y+Seguimiento+de+la+Calidad+del+Aire_Completo.pdf/7a53be28-cd96-432e-ac4e-898fbeb94300
- Morawska, L. a. (2008). Ambient nano and ultrafine particles from motor vehicle emissions: characteristics, ambient processing and implications on human exposure. *Atmospheric Environment* 42(35):pp. 8113-8138. *QUT*, 68. Obtenido de <http://eprints.qut.edu.au/>
- Peter Beckel, B. D.-F. (2005). *Damages per tonne emission of PM25, NH3, SO2, NOx and VOCs from each EU25 Member State (Excluding Cyprus) and surrounding seas*. European Union: Clean Air for Europe (CAFE) Programme AEA Technology Environment.
- RUNT. (2019). *Registro de Maquinaria Agrícola. Industrial y de construcción Autopropulsada*.
- SDA. (06 de 2020). *Comentarios Consulta Pública Nacional*. Bogotá.
- United States Environmental Protection Agency. (1998). *PA EPA Finalizes Additional Emissions Reductions Standards For Non-Road Diesel Engines*. Recuperado el Julio de 2019, de https://archive.epa.gov/epapages/newsroom_archive/newsreleases/d42b9a3d98960d188525667100538024.html
- United States Environmental Protection Agency. (2017). *National Emissions Inventory (2014)*. Recuperado el Julio de 2019, de https://edap.epa.gov/public/extensions/nei_report_2014/dashboard.html#sector-db
- UPME. (2019). *PLAN INDICATIVO DE ABASTECIMIENTO DE COMBUSTIBLES LIQUIDOS*.
- WHO. (12 de June de 2012). IARC: DIESEL ENGINE EXHAUST CARCINOGENIC. *World Health Organization*, pág. 4.
- Registro Único Nacional de Tránsito. (2019). *Registro nacional de maquinaria agrícola, industrial y autopropulsada*
- ICCT. 2018. "Costs of Emission Reduction Technologies for Diesel Engines Used in Non-Road Vehicles and Equipment." https://theicct.org/publications/emission_reduction_tech_cost_non_road_diesel.
- Geasur. 2014. "Análisis Técnico-Económico de La Aplicación de Una Nueva Norma de Emisión Para Motores de Maquinaria Fuera de Ruta a Nivel País." Santiago, Chile.

Elaboró: Mauricio Gaitán / Mayra Lancehros/ Johanna Jimenez
Aprobó: Alex José Saer Saker



APÉNDICE A

Reducción del parque automotor diésel considerando tasa de reemplazo/renovación vehicular=0

SO ₂																
Scenariio	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035
Línea base	8.469	8.530	8.593	8.660	8.730	8.804	8.883	8.965	9.052	9.144	9.241	9.343	9.450	9.563	9.682	9.808
Emisiones con Nueva Tecnología Euro VI	8.469	8.020	8.083	8.148	8.217	8.290	8.367	8.448	8.533	8.623	8.718	8.818	8.923	9.034	9.151	9.275
Reducción/Ton/año	0	509	510	512	513	514	516	518	519	521	523	525	527	529	531	533

PM _{2,5}																
Scenariio	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035
Línea base	43.523	45.038	46.534	48.009	49.466	50.905	52.327	53.734	55.127	56.515	57.899	59.280	60.659	62.041	63.428	64.823
Emisiones con Nueva Tecnología Euro VI	43.523	45.035	46.527	47.999	49.451	50.885	52.301	53.702	55.088	56.467	57.843	59.215	60.583	61.954	63.329	64.710
Reducción/Ton/año	0	3	6	10	15	20	26	32	40	47	56	66	76	87	99	112

NO _x																
Scenariio	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035
Línea base	443.640	447.509	451.440	455.430	459.477	463.582	467.740	471.960	476.247	480.621	485.089	489.646	494.292	499.037	503.890	508.858
Emisiones con Nueva Tecnología Euro VI	443.640	447.278	450.965	454.698	458.475	462.295	466.154	470.058	474.013	478.038	482.138	486.309	490.547	494.864	499.268	503.762
Reducción/Ton/año	0	231	475	732	1.002	1.287	1.586	1.902	2.234	2.583	2.951	3.338	3.745	4.173	4.623	5.096

CO																
Scenariio	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035
Línea base	17.508.384	18.132.074	18.757.459	19.384.101	20.011.843	20.640.411	21.269.377	21.899.389	22.531.351	23.166.898	23.806.447	24.449.597	25.096.127	25.746.522	26.401.728	27.062.095
Emisiones con Nueva Tecnología Euro VI	17.508.384	18.132.072	18.757.455	19.384.095	20.011.835	20.640.401	21.269.364	21.899.374	22.531.333	23.166.877	23.806.424	24.449.570	25.096.097	25.746.489	26.401.690	27.062.054
Reducción/Ton/año	0	2	4	6	8	10	13	15	18	21	24	27	30	34	37	41



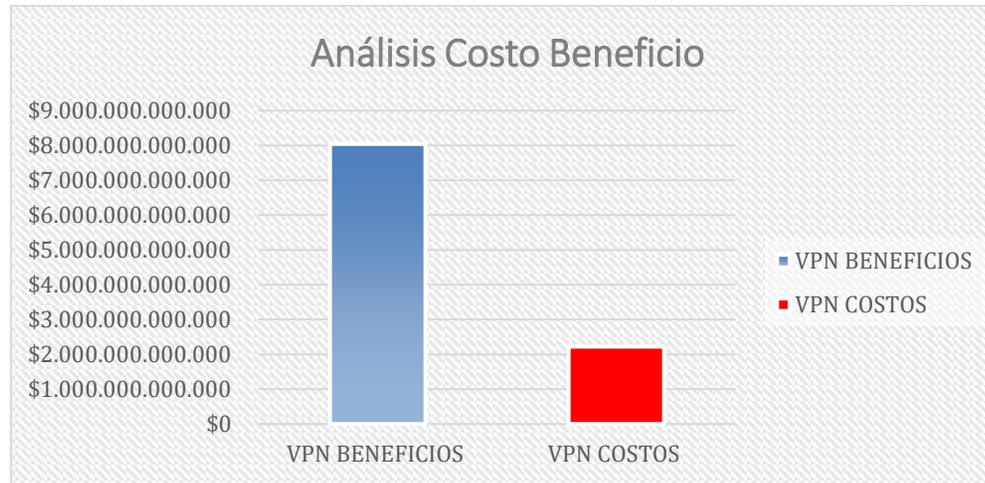


Fuente: Elaboración propia LEAP

Las reducción total de emisiones por contaminante en los años proyectados desde el año 2021 hasta el años 2035, sería del orden de 7,779 Ton de SO₂, 696 Ton de PM_{2,5}, 35,958 de NO_x, y 288 Ton de CO. Bajo este escenario y manteniendo todas las condiciones constantes para los demás análisis desarrollados en el cuerpo del documento, se tiene el siguiente resultado de la evaluación costo-beneficio:

TSD	3%
VPN BENEFICIOS	\$8.041.742.351.328
VPN COSTOS	\$2.221.771.207.306
VPN TOTAL	5.819.971.144.022
RBC	4



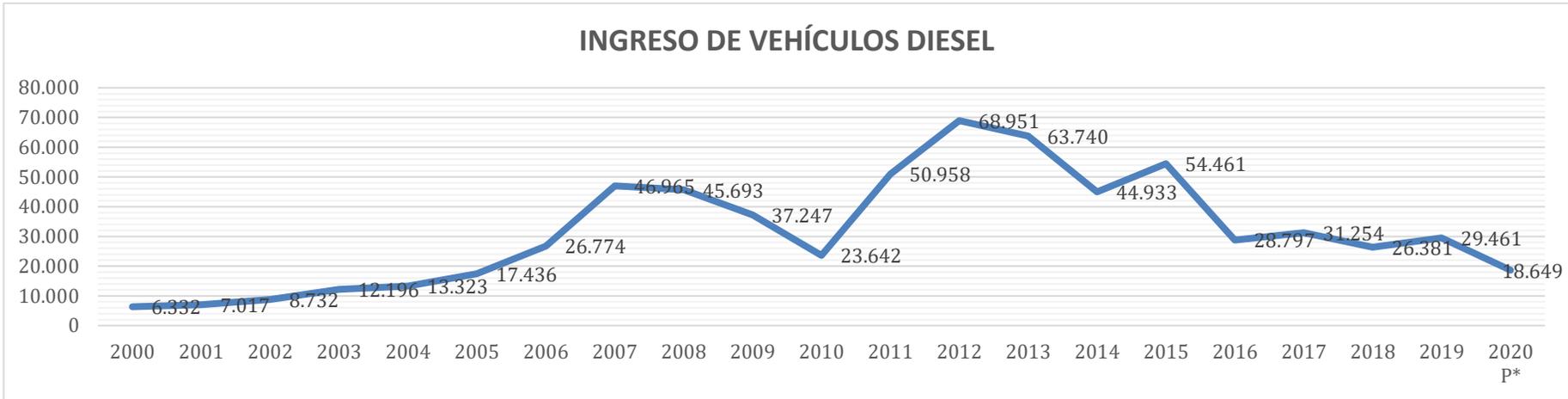


Fuente: Elaboración propia

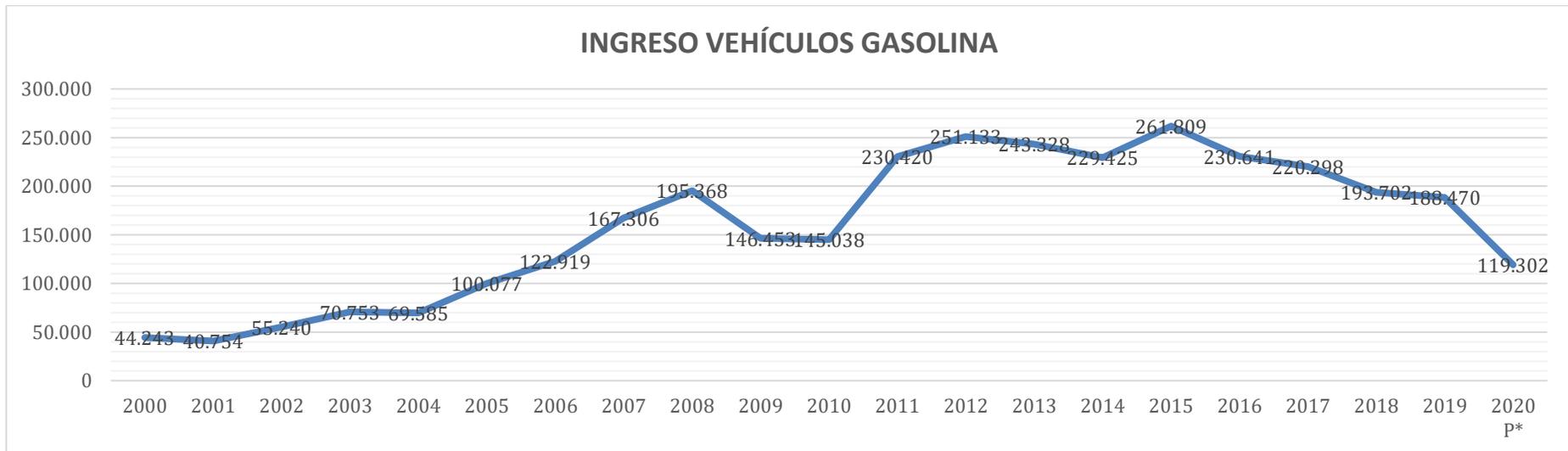
El valor presente neto de los beneficios de la norma asciende a \$8 billones de pesos, expresados como costos sociales evitados por la disminución de toneladas emitidas por vehículos de encendido por compresión, encendido por chispa livianos y motos y maquinaria para uso fuera de carretera. Los costos ascienden a un valor de \$2,2 billones de pesos. Los beneficios netos se encuentran del orden de \$5,8 billones. La relación beneficio costos se estima en 4, indicando que los beneficios de las medidas de la política superan en 4 veces los costos con la implementación.

Finalmente, a continuación, se ilustra el crecimiento del parque automotor por tipo de fuente, según lo descrito en el cuerpo del documento:

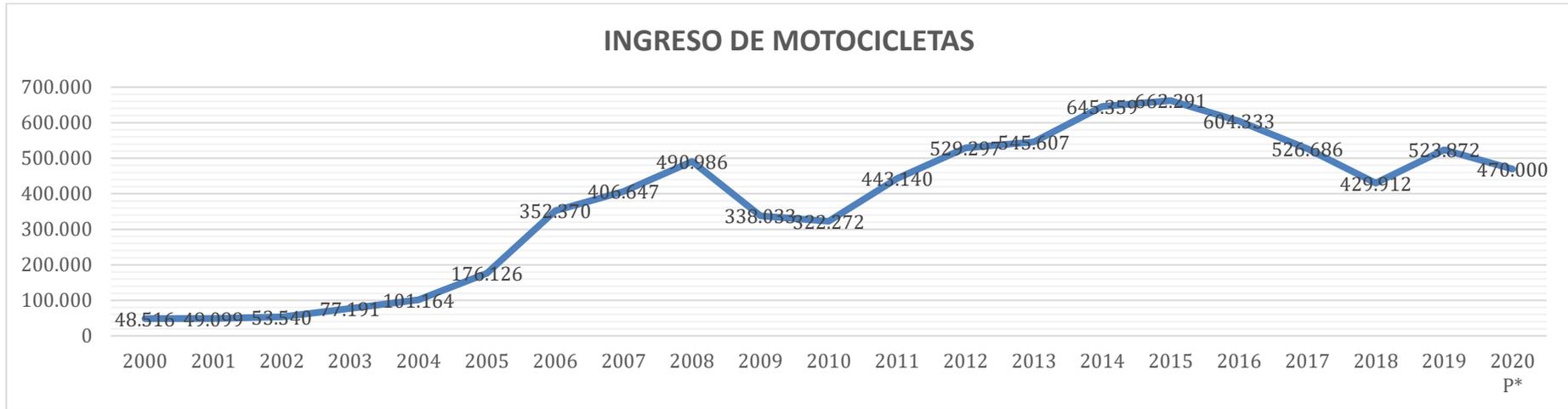




Fuente: Elaboración propia a partir de RUNT (2020/06)



Fuente: Elaboración propia a partir de RUNT (2020/06)



Fuente: Elaboración propia a partir de RUNT (2020/06)

