



ANÁLISIS DE IMPACTO NORMATIVO DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

NORMA NACIONAL DE CALIDAD DE COMBUSTIBLES GASOLINA

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible y Ministerio de Minas y Energía

1. INTRODUCCIÓN

La calidad de los combustibles se encuentra definida en función de un conjunto de parámetros físico-químicos y operativos que cualifican su desempeño ambiental al final del proceso de combustión.

Los Ministerios de Ambiente y Desarrollo Sostenible y de Minas y Energía deben definir los parámetros mínimos 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, de conformidad con lo definido en el artículo 2.2.5.1.4.5 del Decreto 1076 de 2015.

En cumplimiento de esta responsabilidad, el gobierno colombiano ha establecido las condiciones mínimas para que, desde el marco regulatorio, se controle la distribución de combustibles de la mejor calidad para Colombia, teniendo en cuenta las materias primas características del territorio nacional y propendiendo por favorecer el desarrollo del país dentro de esquemas sostenibles.

Dentro del marco regulatorio, éste debe ser reformulado continuamente de acuerdo a las métricas internacionales y a los avances tecnológicos de los procesos productivos tendientes a la minimización de los impactos ambientales generados durante la combustión, respondiendo a las preocupaciones de la comunidad internacional en torno a los temas relacionados con la calidad del aire y su influencia en el cambio climático y la salud pública.

En este sentido, el presente documento revisa los antecedentes normativos en materia de calidad de combustibles en Colombia haciendo énfasis en la gasolina y presenta la definición del problema dentro del proceso de estructuración del análisis de impacto normativo derivado del concepto técnico ambiental que sugiere la necesidad de actualizar parámetros priorizados y reglamentar parámetros adicionales debido a su incidencia en la calidad del aire.

1.1 ANTECEDENTES

Para el desarrollo de las temáticas objeto del presente documento es importante retomar la situación actual de la calidad del aire en el país, así como la evolución normativa en materia de calidad de combustibles, a continuación, se desarrollan los antecedentes para cada una de estas líneas.



- **CALIDAD DEL AIRE**

En 2017 fue adoptada la Resolución 2254, la cual incorporó un ajuste progresivo de los niveles máximos permisibles de contaminantes considerando los lineamientos dados por la Organización Mundial de la Salud. Esta actualización de la norma de calidad del aire busca minimizar el riesgo sobre la salud humana que puede ser causado por la exposición a los contaminantes en la atmósfera, y por ello define también niveles más estrictos para los estados de prevención, alerta y emergencia.

En línea con estas acciones, en 2018 se adoptó el CONPES 3943 "Política para el mejoramiento de la calidad del aire", cuyo objetivo general es reducir la concentración de contaminantes en el aire que afectan la salud y el ambiente. Para el cumplimiento del objetivo general de esta política, se establecen tres objetivos específicos desarrollados a través de líneas de acción que implican la realización de actividades por parte de diferentes entidades del nivel nacional. Los objetivos específicos son: reducir las emisiones contaminantes al aire provenientes de fuentes móviles, reducir las emisiones contaminantes al aire provenientes de fuentes fijas y mejorar las estrategias de prevención, reducción y control de la contaminación del aire.

En armonía con esta política, la Ley 1955 de 2019 –Plan Nacional de Desarrollo [2018-2022]- estableció en su *“Objetivo 2. Mejorar la calidad del aire, del agua y del suelo para la prevención de los impactos en la salud pública y la reducción de las desigualdades relacionadas con el acceso a recursos”* se plantea la intervención: *“MinAmbiente actualizará los estándares de emisión de fuentes móviles hasta llegar al EURO VI, y con MinMinas reglamentará el contenido de azufre en los combustibles para reducir la contaminación atmosférica en Colombia, (...)”*.

De lo anterior, se resalta el señalamiento de las fuentes móviles como importantes actores en la problemática asociada a la calidad del aire en Colombia. Según los inventarios de emisiones que se han realizado en las grandes ciudades del país, el material particulado es emitido principalmente por la quema de combustibles fósiles en el sector transporte y en el sector industrial. Se estima que, en los centros urbanos, aproximadamente el 80 % de las partículas PM_{2.5} son generadas por las fuentes móviles mientras que el 20 % restante lo aportan las fuentes fijas (SIAC¹).

Profundizando en este aspecto, las emisiones generadas por las fuentes móviles dependen de tres aspectos principales a saber: i) tecnología de emisión del parque automotor, ii) calidad de los combustibles y iii) condiciones de mantenimiento preventivo. En el presente documento se desarrolla la problemática y alternativas disponibles en respuesta a la misma, desde el aspecto ii) calidad de los combustibles, en lo relacionado con la gasolina distribuida en el territorio nacional

- **CALIDAD DE COMBUSTIBLES - GASOLINA**

La reglamentación colombiana en materia de calidad de combustibles tiene su raíz en la Resolución 898 de 1995 “Por la cual se regulan los criterios ambientales de calidad de los combustibles líquidos y sólidos utilizados en hornos y caldera de uso comercial e industrial y en motores de combustión interna de vehículos automotores”.

¹ Sistema de Información Ambiental de Colombia



El artículo 1 de la citada Resolución establece -entre otros aspectos-, los requisitos de calidad de las gasolinas colombianas. A partir de esta norma, se han efectuado varias modificaciones entre las que se encuentran la Resolución 1565 de 2004 “*Por la cual se modifica parcialmente la Resolución 898 del 23 de agosto de 1995, que regula los criterios ambientales de calidad de los combustibles líquidos y sólidos utilizados en hornos y calderas de uso comercial e industrial y en motores de combustión interna*”.

En los últimos 30 años se ha evolucionado en la calidad de las gasolinas colombianas en distintos parámetros, tal como se ilustra en la siguiente figura.

Figura 1. Evolución calidad de gasolina en Colombia

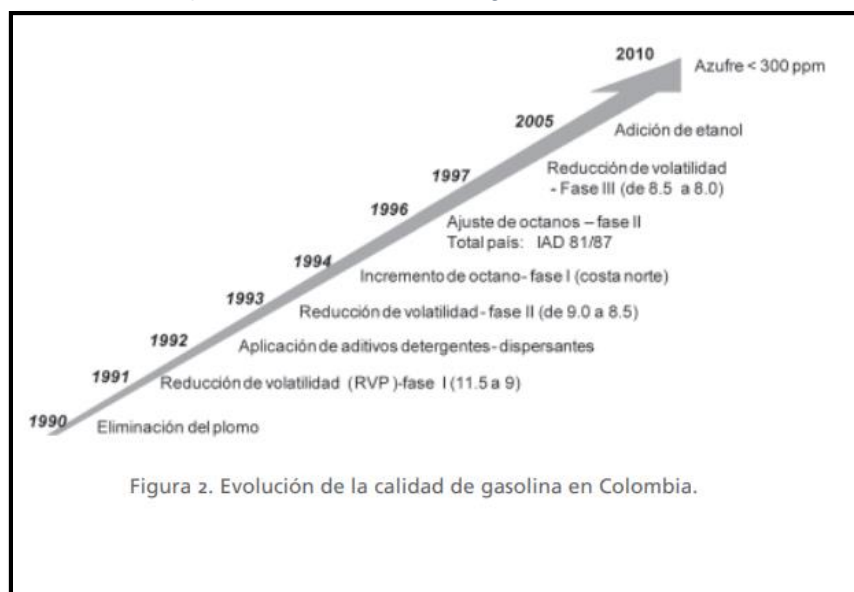


Figura 2. Evolución de la calidad de gasolina en Colombia.

Fuente: (Jorge Humberto Arango - Ecopetrol, 2009)

En armonía con esta evolución, el CONPES 3943 “Política para el mejoramiento de la calidad del aire”, definió 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.”



De esta manera, la iniciativa reglamentaria propuesta responde a las necesidades y lineamientos trazados por el Gobierno nacional en esta materia.

2. CONTEXTO GENERAL

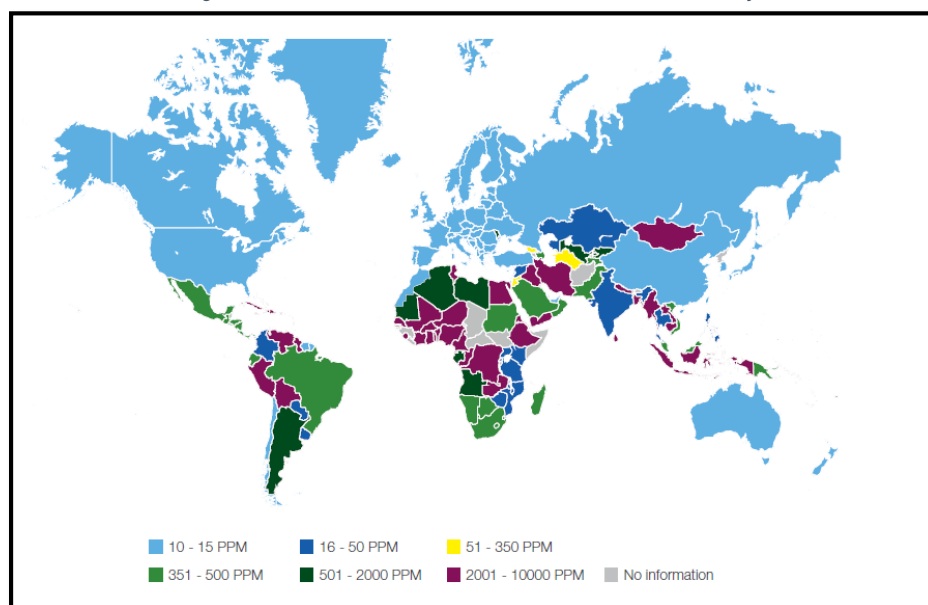
La calidad de los combustibles, se encuentra determinada tanto por la naturaleza físico-química de los petróleos crudos de los cuales son extraídos, como por las condiciones operativas y tecnológicas de los procesos implementados en la refinería. En el presente capítulo se realiza una descripción de estas características para la región colombiana, después de revisar el contexto internacional en la materia.

2.1 Contexto Internacional

La problemática de calidad del aire y el efecto que tienen en ella las fuentes móviles terrestres accionadas con combustibles fósiles ha sido identificada y abordada por los diferentes países del mundo desde 1980. En este sentido, las tecnologías vehiculares han sido diseñadas y progresivamente modificadas en función de su desempeño ambiental, marcando tendencias de reducción en las emisiones de contaminantes generadas durante los procesos de combustión.

Para ello, se hace necesario e indispensable, disponer de combustibles con características de calidad obtenidas mediante, cada vez más complejos procesos de refinería. Una de las características que más se ha estudiado, es el contenido de azufre, tanto para el combustible diésel como para la gasolina.

Figura 2. Calidad de diésel en el mundo – Contenido de Azufre



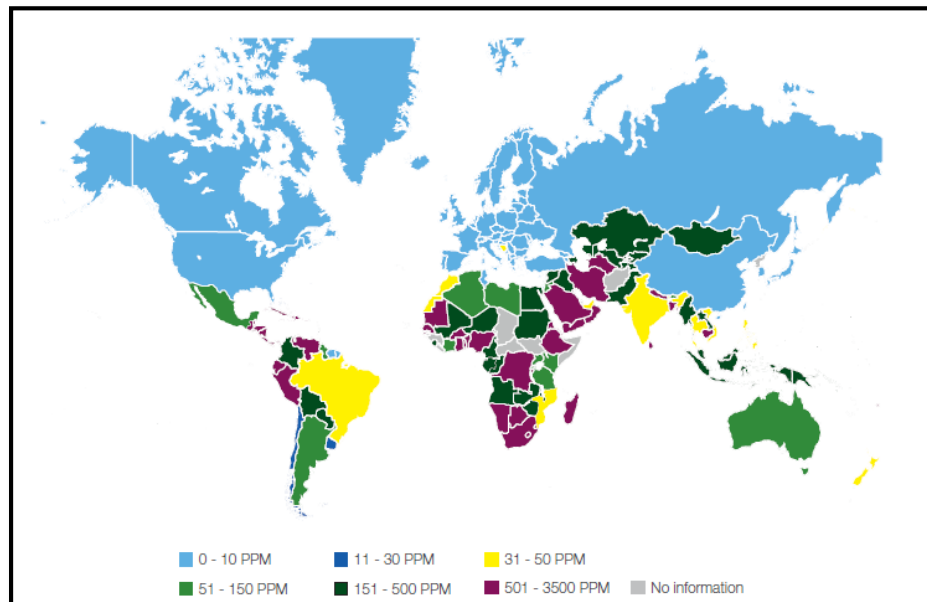
Fuente: (Europe, 2018)

En lo referente a la calidad del Diésel, el combustible colombiano se encuentra posicionado entre los más limpios del mundo, tal como se aprecia en la Figura 1. Sin embargo, en materia de calidad de



gasolina el país presenta un resago respecto de los combustibles considerados “más limpios del mundo”. Esta situación se ilustra en la siguiente figura.

Figura 3. Calidad de Gasolina en el mundo - Contenido de Azufre



Fuente: (Europe, 2018)

La Figura 3 evidencia el avance de los países del hemisferio norte en lo relativo al contenido de azufre de las gasolinas, en contraste con la diversidad de avances parciales de países como Chile, Brasil e India y el atraso de los demás países de Suramérica y África.

En este sentido y teniendo en cuenta que Colombia auto-abastece su demanda de combustibles, el objeto del presente análisis de impacto es determinar los costos y beneficios asociados al mejoramiento de la calidad de la gasolina refinada en el país y las alternativas de implementación que de ello se derivan.

Para avanzar en este objetivo es necesario poner en contexto las características de las cuales depende el mejoramiento de la calidad de la gasolina en Colombia. El punto de partida de este análisis es la calidad de los crudos disponibles, los cuales constituyen la materia prima del proceso de refinación, siendo éste proceso la segunda característica predominante para la obtención de combustibles de alta calidad.

2.2 Característica Pesada de los Petróleos Crudos en Colombia

Existen dos características principales de los petróleos crudos, las cuales condicionan la calidad de los mismos y determinan los procesos necesarios en la refinería para la obtención y aprovechamiento de combustibles de calidad, éstas son: i) Gravedad API y ii) Contenido de azufre.

“La densidad o gravedad API de un crudo indica qué tan liviano o pesado es en su totalidad. Los crudos más livianos tienen una mayor proporción de pequeñas moléculas, que las refinerías pueden convertir en gasolina, combustible pesado y diésel (...). Los crudos más pesados tienen

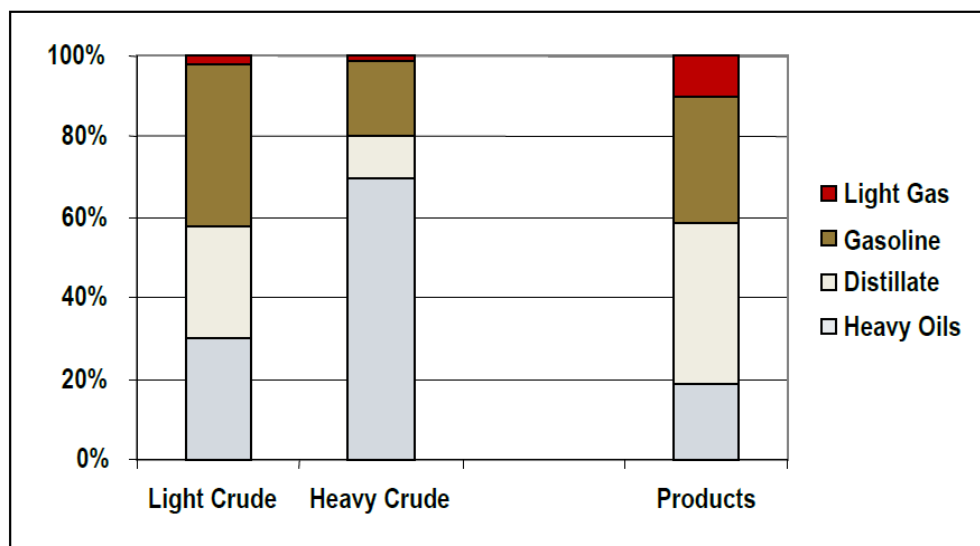


proporciones más altas de moléculas grandes, que las refinerías pueden i) utilizar en combustibles industriales pesados, asfalto y otros productos pesados (cuyos mercados son menos dinámicos y, en algunos casos, se están reduciendo), o ii) procesarlas en moléculas más pequeñas que se pueden utilizar en combustibles para transporte.

En la industria de refinación, la densidad de un crudo se expresa generalmente en términos de gravedad API, un parámetro de medición de unidades en grados ($^{\circ}\text{API}$), por ejemplo, 35°API . La gravedad API varía en forma inversa a la densidad (es decir, cuánto más liviano es el material, más alta es la gravedad API). Por definición, el agua tiene una gravedad API de 10°API .

La Figura 2 muestra la calidad de un típico crudo liviano (35°API) y un típico crudo pesado (25°API), en función de su producción natural de gases livianos, componentes de la gasolina y destilados (principalmente combustible pesado y diésel), y aceites pesados. La misma figura muestra además, el perfil promedio de demanda de estas categorías de productos en los países desarrollados (Products).

Figura 4. Producción Natural de Crudos Livianos y Pesados



Fuente: (ICCT, 2011)

A partir de esta gráfica es posible concluir que cuanto más pesado el crudo, menor es la proporción aprovechable para destilados. Así mismo y de acuerdo con la información presentada en la Figura 5, se infiere que los petróleos crudos característicos de la región continental colombiana, son de clase “pesada”, lo cual hace más difícil su aprovechamiento para productos combustibles como el diésel, lo que adicionalmente conlleva mayores costos de refinería para lograr dicho aprovechamiento. Como se observa en la figura los crudos colombianos se encuentran entre los más pesados a nivel mundial.

² Introducción a la Refinación de Petróleo y Producción de Gasolina y Diésel con bajo contenido de Azufre. ICCT, 2011.



Crude Oil	Country of Origin	Crude Oil Class	Properties	
			Gravity (°API)	Sulfur (wt.%)
Brent	U.K.	Light Sweet	40.0	0.5
West Texas Intermediate	U.S.A.		39.8	0.3
Arabian Extra Lt. Export	Saudi Arabia	Light Sour	38.1	1.1
Daqing	China	Medium Medium Sour	33.0	0.1
Forcados Export	Nigeria		29.5	0.2
Arabian Light Export	Saudi Arabia	Medium Sour	34.0	1.9
Kuwait Export Blend	Kuwait		30.9	2.5
Marlim Export	Brazil	Heavy Sweet	20.1	0.7
Cano Limon	Colombia		25.2	0.9
Oriente Export	Ecuador	Heavy Sour	25.0	1.4
Maya Heavy Export	Mexico		21.3	3.4

Figura 5. Clasificación Internacional de Crudos según gravedad API

Fuente: (ICCT, 2011)

Además de la gravedad API, una condición natural que determina la calidad de un crudo, así como la complejidad del proceso refinación necesario para su aprovechamiento, es el contenido de azufre.

“Entre los hetero-elementos presentes en el petróleo crudo, el azufre es el que más afecta el proceso de refinación. Los niveles suficientemente altos de azufre en el flujo de refinación pueden: i) desactivar (“contaminar”) los catalizadores que aceleran las reacciones químicas deseadas en ciertos procesos de refinación, ii) provocar la corrosión en el equipo de refinación, y iii) generar la emisión a la atmósfera de compuestos de azufre, que no son agradables y pueden estar sujetos a estrictos controles reglamentarios”³.

El azufre de los combustibles para vehículos automotores ocasiona la emisión de compuestos indeseables e interfiere con los sistemas de control de emisiones que están destinados a regular las emisiones contaminantes tales como, los compuestos orgánicos volátiles, óxidos de nitrógeno y material particulado.

En consecuencia, las refinarias deben tener la capacidad de extraer el azufre del crudo y los flujos de refinación en la medida que sea necesario para atenuar estos efectos no deseados. Cuánto más alto sea el contenido de azufre del crudo, más alto es el grado de control de azufre que se necesita y el costo que insume este procedimiento. Así mismo, cuanto menor es el contenido de azufre, es más alto el grado de especialización necesario para su detección, reducción y remoción.

El contenido de azufre del crudo y los flujos de refinación se mide generalmente en tanto por ciento (%) en peso o en partes por millón por peso (ppmw). En la industria de la refinación, el petróleo crudo se denomina con poco azufre (bajo nivel de azufre), si su nivel de azufre es inferior al valor umbral (por ejemplo, 0,5 % (5.000 ppmw)) y sulfuroso (alto nivel de azufre), si el nivel de azufre supera el umbral más alto. La mayoría de los crudos sulfurosos registran niveles de azufre de entre 1,0 y 2,0 %, pero en algunos casos se registran niveles de azufre de > 4 %.”⁴.

^{3,3} Introducción a la Refinación de Petróleo y Producción de Gasolina y Diésel con bajo contenido de Azufre. ICCT, 2011.



Con base en la información presentada en la Figura 5 (Tipo de Crudo Colombiano: Heavy Sweet), el contenido de azufre típico de las reservas de crudo disponibles en Colombia, se encuentra entre 0-1.1 %wt (en el umbral “sulfuroso”).

La calidad promedio de los tipos mundiales de crudo (según gravedad API y contenido de azufre) para refinación ha ido decayendo paulatinamente. El contenido promedio de azufre ha aumentado más rápidamente y esta tendencia probablemente continuará en un futuro inmediato².

Para ilustrar esta tendencia, la Figura 6 muestra la calidad estimada del crudo, según la gravedad API y el contenido de azufre, en varias regiones del mundo para el año 2008 (presente) y 2030 (proyectado).

Figura 6. Calidad Regional de Petróleos Crudos – Proyección

Region	2008 (Actual)		2030 (Projected)	
	Gravity (°API)	Sulfur (wt%)	Gravity (°API)	Sulfur (wt%)
North America	31.2	1.21	28.7	1.66
Latin America	25.1	1.59	23.5	1.57
Europe	37.1	0.37	37.4	0.38
Commonwealth of Independent States	32.5	1.09	35.1	0.97
Asia-Pacific	35.4	0.16	35.7	0.16
Middle East	34.0	1.75	33.9	1.84
Africa	36.5	0.31	37.1	0.26
World Average	33.0	1.1	32.9	1.3

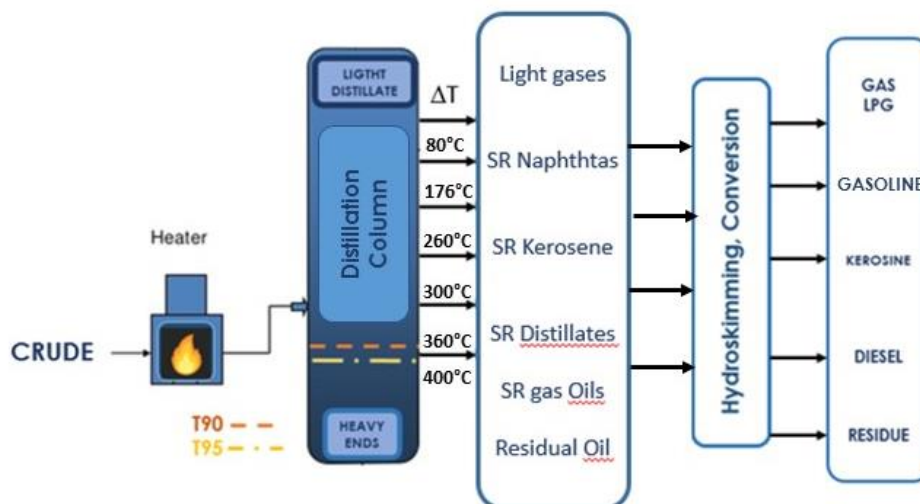
Fuente: (ICCT, 2011)

En este sentido se entiende que será cada vez más difícil realizar un aprovechamiento eficiente de los petróleos crudos a nivel mundial, por lo que se requerirá de mayores esfuerzos económicos para procesos y tecnologías de refinación que permitan obtener los productos de destilación con las condiciones de calidad deseadas.

2.3 Características del Proceso de Refinería

La figura 7 presenta un esquema del proceso general de refinación a partir del cual se obtienen los productos deseados. Mediante cambios en la temperatura de destilación se extraen derivados del crudo formando una columna de separación, a partir de la cual se obtienen productos como gas (en el extremo liviano), gasolina, keroseno y diésel (en la zona media) y residuos para asfaltos y aceites bunker (en el extremo pesado).

Figura 7. Esquema de Refinería de Petr6leos Crudos – Columna de Destilaci6n



Fuente: Elaboraci6n propia a partir de (ICCT, 2011)

La separaci6n de todos los derivados del crudo, se realiza gradualmente a medida que se incrementa la temperatura de destilaci6n. De esta manera, como se ilustra en la figura 7, cuando el crudo se somete a temperaturas entre 15 °C y 80 °C se obtienen productos como gas y gas licuado de petr6leo. Al incrementar la temperatura desde 176 °C hasta 260 °C, se separan del crudo sustancias como naftas y keroseno (a partir de las cuales se obtienen productos como gasolinas y combustibles n6uticos); De esta manera, a medida que se avanza en el gradiente incremental de la temperatura, se separan del crudo compuestos cada vez m6s “pesados” en funci6n de sus mol6culas de carbono.

Hacia el final del proceso, se obtiene la fracci6n restante del crudo que no se ha evaporado a temperaturas entre 360°C y 500°C. Este punto de la columna de destilaci6n se conoce como T95 y se define como la temperatura a la cual el 95% del crudo se ha evaporado. En algunos pa6ses se controla el par6metro de T90, el cual, an6logamente corresponde a la temperatura de destilaci6n para la cual el 90% del crudo se ha evaporado.

Al llegar a este punto del proceso, los compuestos remanentes son de naturaleza pesada, poco aprovechable y se destina para subproductos como asfaltos. Estos compuestos presentan como caracter6stica una alta propensi6n a la formaci6n de material particulado y holl6n al ser quemados.

En la actualidad, producto de los grandes avances tecnol6gicos de los procesos productivos, existen tecnolog6as de mejoramiento, transformaci6n, tratamiento y separaci6n aplicadas en las refiner6as de manera posterior a la destilaci6n general, las cuales permiten aprovechar en mayor medida los productos generados en todos los puntos de la columna de destilaci6n (especialmente del extremo pesado), determinan la calidad de las diferentes categor6as de productos refinados y viabilizan el control de par6metros espec6ficos tales como el contenido de azufre en todos los flujos de la



refinería, el contenido de compuestos aromáticos, aromáticos policíclicos (PAHs) mediante el rompimiento de las cadenas de poliaromáticos y permiten convertir nafta en gasolina. Estos procesos influyen en la economía de la refinería y en el costo final de los productos derivados, cuanto más complejos los procesos y más refinados los parámetros, mayores serán los costos asociados.

En Colombia, se cuenta con dos refinerías: i) Barrancabermeja y ii) Cartagena (Reficar), las cuales cuentan con configuraciones y tecnologías de proceso diferentes, en razón a la evolución tecnológica disponible en el momento de su implementación. En el año 2010 se implementó el proceso de hidrotratamiento para la refinería de barrancabermeja, mientras que en el año 2016 se incluyó para Reficar procesos de hidrotratamiento e hidrocrackeo, los cuales proporcionan la capacidad de transformar los productos más pesados de los crudos, en destilados aprovechables controlando parámetros tales como la densidad, viscosidad, el contenido de poliaromáticos y el contenido de azufre, entre otros, los cuales influyen de manera directa en el desempeño ambiental de los combustibles en las fuentes móviles terrestres.

2.3. Parámetros relevantes en materia ambiental – calidad de Gasolina

Una vez analizado el contexto nacional e internacional en conjunto con el Ministerio de Minas y Energía, el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible determinó la relevancia en materia ambiental de 4 parámetros de calidad de gasolina cuya descripción se presenta a continuación, incluyendo la definición, los antecedentes normativos y el contexto nacional e internacional.

▪ EFECTOS AMBIENTALES CONTENIDO DE AROMÁTICOS

Los aromáticos son moléculas que contienen por lo menos un anillo de Benceno. El contenido de aromáticos del combustible, afectará el proceso de combustión ya que puede incrementar los depósitos en el motor e incrementar las emisiones contaminantes en el tubo de escape, incluyendo CO₂.

Los aromáticos pesados y otros compuestos de alto peso molecular han sido asociados a la formación de depósitos en la cámara de combustión. Se dispone de aditivos diseñados para evitar la formación de éstos depósitos, sin embargo, se ha evidenciado que su aplicación genera incrementos en las emisiones de hidrocarburos y óxidos de nitrógeno (ACEA, 2013). Por ésta razón se hace necesario limitar el contenido máximo de contenido de aromáticos totales en la gasolina.

▪ EFECTOS AMBIENTALES NÚMERO DE OCTANO (RON)

El número de Octano es una medida de la habilidad de la gasolina para resistir la auto-ignición. La auto-ignición puede causar inestabilidades o golpeteos en el motor (knocking) lo cual puede causar daños severos en los motores. Dos métodos de laboratorio son usados para medir el número de octano. Uno de ellos determina el número de Octano de Investigación o RON por sus siglas en inglés (Research Octane Number); el otro determina el número de Octano de Motor MON, por sus siglas en inglés (Motor Octane Number). RON se correlaciona con condiciones de golpeteos medios a bajas velocidades, mientras que MON se correlaciona con condiciones de golpeteos a altas temperaturas y con condiciones de aceleración parcial.



Los vehículos son diseñados y calibrados para ciertos rangos de octanaje. Cuando un consumidor usa gasolina con un octanaje más bajo del requerido, pueden presentarse golpeteos. Los motores equipados con sensores de golpeteo pueden manejar valores menores de octanaje retardando el tiempo de encendido de la chispa, pero esto puede incrementar el consumo de combustible, disminuir la capacidad de conducción, disminuir la potencia y aún causar golpeteos.

Incrementar el octanaje mínimo disponible en condiciones locales tiene el potencial de ayudar a los vehículos a mejorar significativamente la economía de combustible y en consecuencia disminuir las emisiones de CO₂. Éste mejoramiento varía en función del diseño del tren principal, el factor de carga y la estrategia de calibración entre otros factores.

▪ EFECTOS AMBIENTALES CONTENIDO DE AZUFRE

El contenido de azufre tiene influencia directa en la formación de material particulado en las emisiones del tubo de escape vehicular y posee características que afectan el correcto funcionamiento de los sistemas de control de emisiones (convertidores catalíticos), tal como se desarrolló en el numeral 2 del presente documento.

A nivel internacional, se ha definido como estándar internacional EURO 6 para vehículos a gasolina un contenido máximo de 10 ppm; En Colombia, la Resolución 898 de 1995, modificada por el Artículo Primero de la Resolución 1180 de 2006, contempla un contenido de azufre de 300 ppm, sin embargo, dentro de las metas del cuatrienio del Plan Nacional de Desarrollo 2018-2022 se encuentra alcanzar un contenido de azufre de máximo 10 ppm para el combustible diésel.

En armonía con esta meta, se estableció el cronograma de mejoramiento de la calidad de la gasolina en Colombia en lo referente al contenido de azufre, el cual se resume a continuación.

Tabla 1. Mejoramiento progresivo del contenido de azufre la gasolina en Colombia

Hasta el 30 de Diciembre de 2020	300 ppm
A partir del 31 de diciembre de 2020	100 ppm
A partir del 31 de diciembre de 2021	50 ppm
A partir del 31 de diciembre de 2030	10 ppm

Los efectos en la reducción del contenido de azufre para los contaminantes criterio se ilustran en la siguiente tabla.



Tabla 2. Reducción de Contaminantes para gasolina de bajo contenido de azufre.

Table 1: Impact of Sulphur on Emissions						
Study	Vehicle Technology	Sulphur Range (ppm)		Emission Reduction, % (high to low sulphur)		
		high	low	HC	CO	NOx
AQIRP	Tier 0	450	50	18	19	8
EPEFE	EURO 2+	382	18	9 (43*)	9 (52*)	10 (20*)
AAMA/AIAM	LEV & ULEV	600	30	32	55	48
CRC	LEV	630	30	32	46	61
JARI	1978 Regulations	197	21	55	51	77
Alliance/AIAM	LEV/ULEV	100	30	21	34	27
	LEV/ULEV	30	1	7	12	16
JCAP	DI/NOx cat.	25	2			37

* Reduction achieved during hot EUDC (extra-urban) portion of test.

Fuente: (ACEA, 2013)

En este sentido se observa que, para todos los casos la reducción de contenido de azufre en la gasolina tiene efectos de reducción de hidrocarburos, monóxido de carbono y óxidos de nitrógeno.

▪ EFECTOS AMBIENTALES PARÁMETRO PRESIÓN DE VAPOR

La presión de vapor es la medida de la volatilidad de un combustible o el grado al cual éste se vaporiza a una temperatura dada. Para la gasolina, la presión de vapor tiene incidencia tanto en el desempeño de los vehículos automotores como en el ambiente. Primero, porque los motores a gasolina requieren que el combustible se evapore para quemarse, la gasolina debe alcanzar un valor mínimo de presión de vapor para asegurar que es lo suficientemente volátil para vaporizarse bajo condiciones de encendido frío.

Los motores también tienen un límite máximo de presión de vapor definido en función de evitar bloqueos en la línea de combustible. La mayor preocupación para la definición del valor máximo que debe tomar éste parámetro es de carácter ambiental en lo referente a las emisiones evaporativas.

Ésta característica debe ser regulada en función de la temperatura mínima a la cual se espera que opere el mercado vehicular. En este sentido, de acuerdo a la información presentada en la carta mundial de combustibles, recomienda para países con temperaturas típicas mínimas entre 5 y 15 °C, una presión de vapor máxima de 55 Kpa.

Tabla 3. Niveles de Presión de Vapor recomendados por la carta mundial de combustibles a diferentes temperaturas

ALL CATEGORIES					
Class *	A	B	C	D	E
Ambient Temp. Range, °C	> 15	5 to 15	-5 to +5	-5 to -15	< -15
Vapour Pressure, kPa	45 - 60	55 - 70	65 - 80	75 - 90	85 - 105
T10, °C, max	65	60	55	50	45
T50, °C	77 - 100	77 - 100	75 - 100	70 - 100	65 - 100
T90, °C	130 - 175	130 - 175	130 - 175	130 - 175	130 - 175
EP, °C max.	205	205	205	205	205
E70, %	20 - 45	20 - 45	25 - 47	25 - 50	25 -50
E100, %	50 - 65	50 - 65	50 - 65	55 - 70	55 - 70
E180, % min	90	90	90	90	90
D.I., max	570	565	560	555	550

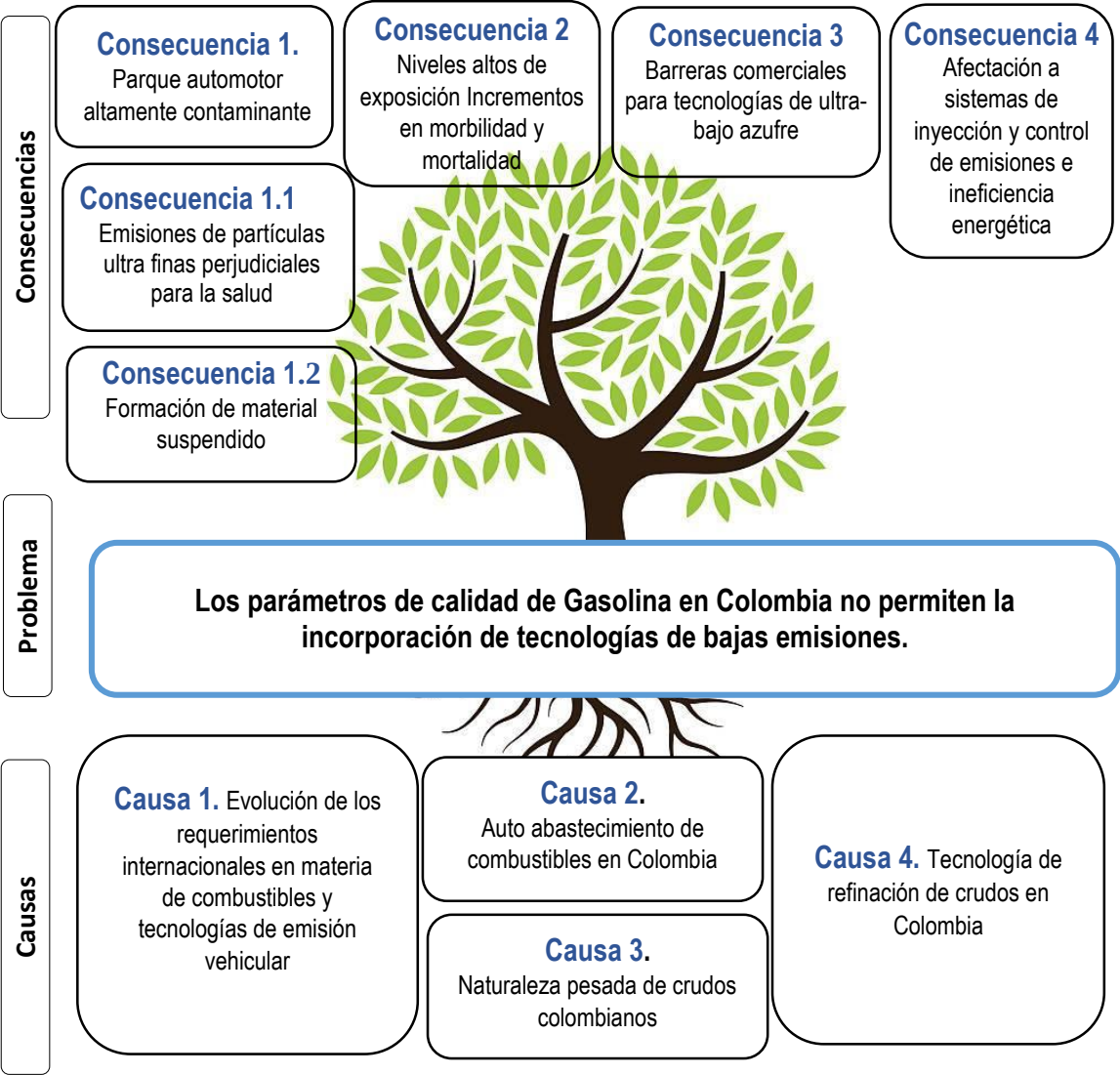
Fuente: (ACEA, 2013)

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 8. Árbol de Problema





3.2. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Los parámetros de calidad de gasolina con los que cuenta Colombia actualmente, no permiten la incorporación de vehículos con tecnologías de bajas emisiones. A continuación, se describen las causas y consecuencias de la problemática identificada.

Problema:

Los parámetros de calidad de gasolina en Colombia no permiten la incorporación de vehículos con tecnologías de bajas emisiones.

Como se ha expuesto en el presente documento, la calidad de los combustibles disponibles definida como el conjunto de parámetros que caracterizan las condiciones físico-químicas y las capacidades operativas, determina el tipo de tecnología vehicular que es posible reglamentar en un país.

Es decir, un país que no tenga disponibles gasolinas con características como: i) 10 ppm de azufre, ii) número de octano (RON) de 89, no podrá implementar tecnologías EURO 6 toda vez que los fabricantes de las mismas establecen como condición necesaria e indispensable para el óptimo funcionamiento y cumplimiento de estándares de emisión, el suministro de un combustible con las características mínimas mencionadas.

De esta manera, se entiende que mejorar la calidad del combustible es una condición indispensable para dar paso a la renovación tecnológica vehicular necesaria para mejorar la calidad del aire en Colombia.

Causas:

1. **Evolución de los requerimientos internacionales en materia de combustibles y tecnologías de emisión vehicular.** El mejoramiento de los parámetros de calidad de combustibles en el mundo, avanza de una manera acelerada en respuesta a los avances tecnológicos en materia de combustión y emisiones vehiculares, tendientes a la protección y cuidado de la salud pública.

En Colombia, la reglamentación de calidad de gasolina mediante Resolución 898 de 1995, modificada por el Artículo Primero de la Resolución 1180 de 2006, contempla un contenido de azufre de 300 ppm el cual es suficiente para incorporación de tecnologías de emisión hasta EURO 2, pero es insuficiente para la incorporación de tecnologías capaces de reducir hasta un 94% las emisiones contaminantes, tales como EURO 4 o EURO 6, para lo cual se requiere la reglamentación de un contenido de azufre de máximo 10 ppm.

2. **Auto abastecimiento de combustibles en Colombia.** Colombia es un país con reservas continentales de petróleo crudo y se encuentra en la capacidad de extraerlo y refinarlo, por lo cual es autosuficiente para abastecer la demanda de productos como combustibles fósiles para los diferentes sistemas de transporte, terrestre, fluvial y aéreo. En consecuencia, la calidad de los parámetros de combustibles que se logra al final del proceso de refinación está



condicionada directamente por las características fisicoquímicas de las reservas de crudo disponibles y las cuales se presentaron de forma resumida en las figuras 5 y 6; de otra manera, el país debería afrontar procesos de importación, asumiendo sobrecostos y desaprovechando las materias primas existentes en el territorio nacional.

3. **Naturaleza Pesada de Crudos Colombianos** Las reservas continentales de crudo disponibles en Colombia, son de naturaleza pesada tal como se expuso en el contexto general, lo cual implica mayor contenido de azufre, menor cantidad de material aprovechable para la generación de derivados tales como combustibles para uso vehicular y mayor dificultad para alcanzar niveles altos de calidad en parámetros de combustible tales como contenido de azufre, número de cetano y contenido de poliaromáticos (PAH). Así mismo, esta condición genera que los costos asociados a los procesos de refinación sean mucho más altos comparados con aquellos requeridos para refinar crudos livianos (ver figura 3); de esta manera, Colombia se sitúa dentro de los países con reservas de crudo más pesadas a nivel mundial.
4. **Tecnología de refinación de crudos en Colombia** La reglamentación de calidad de combustibles vigente no contempla parámetros de calidad que se han viabilizado gracias a los avances tecnológicos desarrollados a nivel mundial para los procesos de refinación de petróleos crudos, los cuales permiten transformar las características químicas de los compuestos obtenidos durante la etapa de separación térmica (ver figura 5).

Procesos como el hidrotratamiento e hidrocrackeo que han sido incorporados por Ecopetrol (2010 y 2016) para los procesos de refinación nacional, permiten en la actualidad controlar el nivel de contaminantes tóxicos tales como, el contenido de aromáticos, octanaje, y permite mejorar el control del contenido de azufre en los distintos puntos del proceso de refinación.

Sin embargo, para alcanzar los niveles de ultra-bajo azufre que exigen las tecnologías vehiculares de bajas emisiones, se requiere de modificaciones significativas en la infraestructura física y de procesos de las refinaciones, entre otros: cambio de catalizador, incremento de severidad, límite de azufre en dieta de crudo, cambio en el fraccionamiento, inclusión de un nuevo reactor de HNT, incremento de la severidad de HNT e incremento de H₂. Adicionalmente para alcanzar las 10 ppm en azufre y además garantizar los parámetros de RON y nivel de aromáticos, se requiere de la implementación de una nueva planta de HNT, una nueva planta de H₂, una nueva planta de azufre, nuevas plantas de Amina, Aguas agrias y una nueva planta de incremento de octano (ECOPETROL, 2019).

Pese a las mejoras ya alcanzadas en la calidad de los combustibles (diésel principalmente) por la implementación de proyecto de hidrotratamiento de diésel y gasolina en la refinación de Barrancabermeja y modernización de la Refinería de Cartagena, subsisten dificultades relacionadas con el mantenimiento de los niveles de azufre en la cadena de distribución de los combustibles desde la refinación hasta las estaciones de servicio, de la misma manera que



la obsolescencia de la tecnología vehicular que no permite aprovechar la calidad del combustible producido (UPME, 2019).

Consecuencias:

- 1. Parque automotor altamente contaminante.** La composición del parque automotor colombiano en cuanto a su tecnología, se encuentra definido en función de la evolución de la reglamentación de la calidad del combustible, la cual entre los años 1995 a 2014 permitió el ingreso de tecnologías Pre-Euro y Euro 2 para el caso de los vehículos de encendido por chispa (gas natural y gasolina). Para el caso de las motocicletas, las cuales dominan la composición del parque automotor con un 59% de participación (ver Figura 9), la tecnología reglamentada apenas satisface los estándares equivalentes a EURO 2. De esta manera, es urgente propiciar el ascenso tecnológico de éste tipo de vehículos, los cuales empiezan a ser protagonistas como aportantes de material particulado en inventarios de emisiones de centros urbanos con alta densidad vehicular (AMVA 2017, SDA 2015).

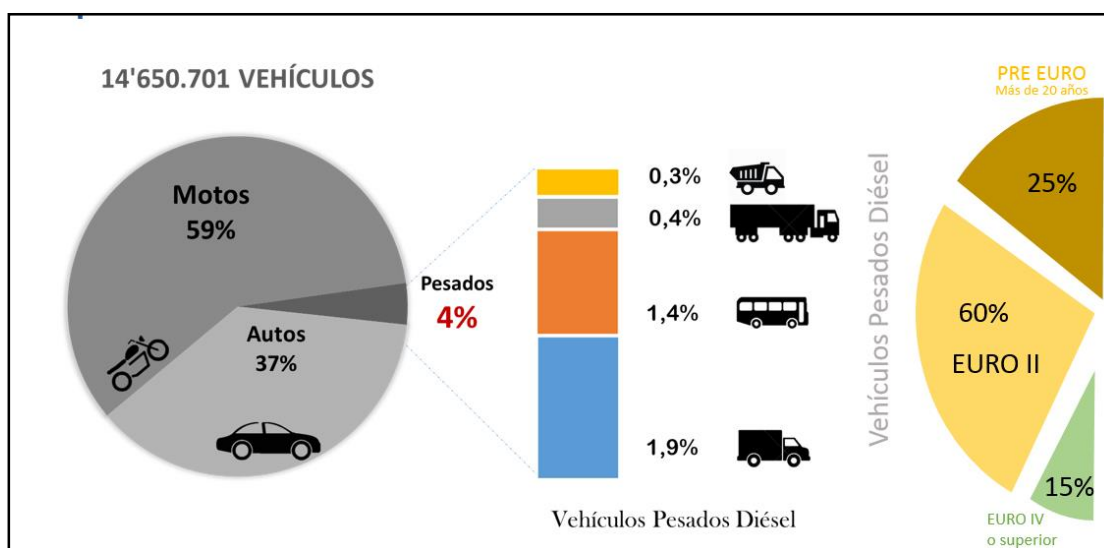


Figura 9. Composición parque automotor colombiano
Fuente: Elaboración propia a partir de Runt 2019

- 1.1. Emisiones de partículas ultra finas perjudiciales para la salud.** Los colombianos se encuentran expuestos a emisiones vehiculares provenientes de tecnologías vehiculares reglamentadas en 1998 en los países de origen (tecnologías EURO 2 y anteriores), las cuales no cuentan con sistemas de poscombustión y control de emisiones contaminantes que reduzcan de manera significativa los niveles de material particulado generados durante los procesos de combustión, que a su vez son incompletos y defectuosos a causa del deterioro por uso y condiciones de mantenimiento deficientes.



Para el caso de los vehículos de encendido por chispa (gasolina y gas natural) específicamente aquellos que poseen sistema de inyección directa (GDI) por sus siglas en inglés *Gasoline Direct Injection*, la generación de partículas ultrafinas es comparable con el equivalente de partículas ultrafinas generadas a partir de la combustión Diesel (P. Comte, 2017). De esta comparación, el mismo autor registra que, se observan resultados notables que sugieren que las emisiones de partículas generadas por los GDI, superan aquellas generadas por vehículos diésel que integran filtros de partículas (DPF).

1.2. 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, peroxi-acetil-nitrilo, contaminantes climáticos de vida corta CCVC –entre otros-.

2. **Niveles altos de exposición - Incrementos en morbilidad y mortalidad.** Teniendo en cuenta lo anteriormente expuesto, los altos niveles de exposición a la contaminación atmosférica generan costos de atención en salud que ascienden a 12,2 billones de pesos anuales en Colombia (DNP, 2018), relacionados con el tratamiento de las enfermedades y defunciones asociadas al deterioro de la calidad del aire.
3. **Barreras comerciales para tecnologías de ultra-bajo azufre.** Los fabricantes, importadores y comercializadores de vehículos con tecnologías de bajas emisiones, no pueden acceder al mercado colombiano ya que no se cuenta con las condiciones de calidad de combustible que viabilice la incorporación y correcta operación de este tipo de tecnologías. El contenido de azufre y parámetro de número de octano – entre otros- reglamentados en la actualidad no viabilizan la implementación de tecnologías de bajas emisiones, por ej. Euro 6.
4. **Afectación a sistemas de inyección y control de emisiones.** Tal como se presentó en la Tabla 2, el azufre de los combustibles para vehículos automotores ocasiona la emisión de compuestos indeseables e interfiere con los sistemas de control de emisiones que están destinados a regular las emisiones contaminantes tales como, los compuestos orgánicos volátiles, óxidos de nitrógeno y material particulado. En este sentido, se entiende que la reducción del contenido de azufre del combustible, es una condición necesaria para garantizar el óptimo funcionamiento de los sistemas de control de emisiones diseñados por los



fabricantes de vehículos a nivel mundial y los cuales garantizan reducciones de hasta el 94% del material particulado.

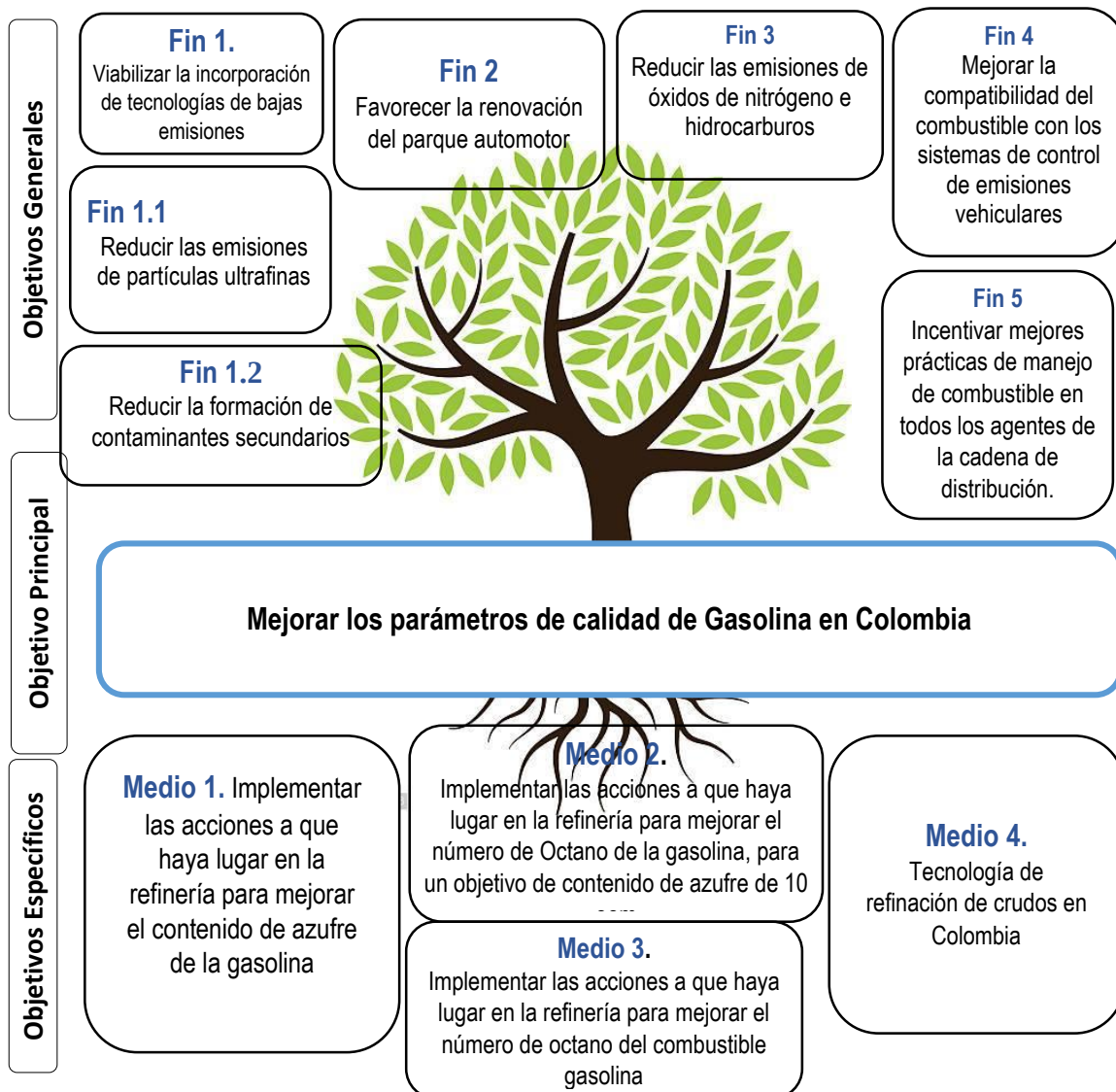
Conclusión

Se ha identificado la necesidad de implementar acciones que permitan acceder a combustibles con la calidad suficiente para viabilizar la incorporación de tecnologías vehiculares diseñadas para reducir las emisiones contaminantes generadas de los procesos de combustión, así como para impulsar el mejoramiento de la eficiencia energética y economía de combustibles. De esta manera, se podrá superar algunas de las barreras existentes en aras del mejoramiento de la calidad del aire, en lo que respecta a las emisiones generadas por las fuentes móviles terrestres en Colombia.

4. DEFINICIÓN DE OBJETIVOS

4.1. ÁRBOL DE OBJETIVOS

Figura 10.Árbol de Problema



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: Mejorar los parámetros de calidad gasolina en Colombia.

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 los parámetros de calidad de combustibles 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 combustible es una condición necesaria, aunque insuficiente, para avanzar en el



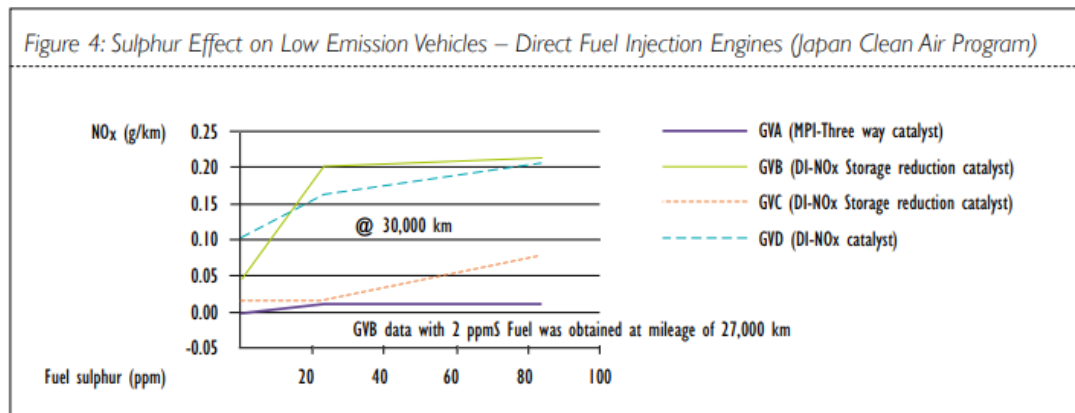
mejoramiento de la calidad del aire, atendiendo a las necesidades identificadas para el sector constituido por las fuentes móviles terrestres.

En este sentido, mejorar la calidad de la gasolina permitirá avanzar en la consecución de los fines específicos que se listan a continuación.

Fines:

1. **Viabilizar la incorporación de tecnologías vehiculares de bajas emisiones:** Mediante el mejoramiento de los parámetros de calidad del combustible diésel, hasta los niveles requeridos para la incorporación de tecnologías tales como Euro VI se habilita el ingreso al país de las tecnologías vehiculares más avanzadas disponibles en el mercado internacional.
 - 1.1 **Reducir las emisiones de partículas ultrafinas:** La reducción del contenido de azufre del combustible tiene una incidencia directa en la reducción de los niveles de contaminantes y partículas finas tal como se expuso en el desarrollo del presente documento, el ascenso tecnológico propuesto por las tecnologías de emisión EURO 6 requiere de la disponibilidad de gasolina con contenidos de azufre de máximo 10 ppm. Para ello, es necesario integrar tecnologías y procesos adicionales a la refinería nacional, las cuales requieren de importantes esfuerzos económicos y de plazos medianos de implementación y ajuste. Las alternativas de implementación derivadas serán estudiadas en el capítulo de análisis de alternativas del presente análisis de impacto normativo.
 - 1.2 **Reducir la formación de contaminantes secundarios:** Tal como se ilustra en las figuras 2 y 5 del presente documento, de la disminución del contenido de azufre de la gasolina se derivan mejoras en las emisiones de óxidos de nitrógeno e hidrocarburos -entre otros contaminantes- de la mano de una mejora en la eficiencia de los sistemas de control de emisiones. De esta manera se reduce el potencial de los precursores de contaminantes secundarios formados en la atmósfera partir de reacciones químicas de los distintos compuestos presentes en los gases de escape durante el proceso de combustión.
2. **Favorecer la renovación del parque automotor:** La habilitación de la comercialización de nuevas tecnologías y en especial de aquellas de ultra bajas emisiones, favorecerá en el mediano-largo plazo la renovación del parque automotor orientando el uso de tecnologías más limpias. Para ello, el mejoramiento de la calidad de la gasolina es una condición indispensable.
3. **Reducir los niveles de hidrocarburos y óxidos de nitrógeno generados durante la combustión vehicular:** Tal como se ilustró en la Tabla 2 del presente documento, estudios internacionales comprueban la reducción en las emisiones de hidrocarburos, monóxido de carbono y óxidos de nitrógeno generada por el uso de gasolinas con bajos contenidos de azufre en comparación con gasolinas de alto contenido de azufre.
4. **Mejorar la compatibilidad del combustible con los sistemas de control de emisiones vehiculares.** Cuanto menor es el contenido de azufre, mejor es el desempeño y la eficiencia de los dispositivos de control de emisiones contaminantes. Esta situación se ilustra en la siguiente gráfica, para el caso de los óxidos de nitrógeno.

Figura 11. Desempeño de los sistemas de control de NOx vs contenido de azufre de las gasolinas



Fuente: (ACEA, 2013)

5. **Incentivar mejores prácticas de manejo de combustible en todos los agentes de la cadena de distribución.** De la reducción del contenido de azufre para el caso de la gasolina, se derivan retos importantes en lo referente al manejo que debe hacerse del combustible en todos los puntos de distribución y consumo. Cuanto menor es el contenido de azufre, más sensible se hace el combustible a perturbaciones tales como la humedad y los agentes orgánicos. En este sentido, el Gobierno Nacional debe avanzar en estrategias pedagógicas que permitan concientizar a la ciudadanía en general acerca de las mejores prácticas para conservar las características de calidad de las gasolinas con ultra bajo contenido de azufre.

Medios:

Los medios propuestos para alcanzar los objetivos propuestos, se definen en acciones generales a continuación

1. Implementación de tecnologías y procesos requeridos en la refinería para reducir el contenido de azufre en la gasolina colombiana en el plazo requerido para garantizar la sostenibilidad del proceso.
2. Implementación de tecnologías y procesos requeridos en la refinería para mejorar los parámetros de Octanaje RON y MON en el plazo requerido para garantizar la sostenibilidad del proceso.
3. Implementación de tecnologías y procesos requeridos en la refinería para garantizar el cumplimiento de los estándares de emisión de compuestos aromáticos recomendados en la carta mundial de combustibles.

Lo anterior, teniendo en cuenta que el proceso de refinería es altamente complejo y las modificaciones estructurales necesarias para lograr las metas establecidas, toman tiempos que superan el corto plazo.

Así mismo se requiere de inversiones progresivas y significativas en tecnología de punta, a fin de garantizar los requisitos de aseguramiento de calidad y la continuidad en la prestación del servicio, sin poner en riesgo el abastecimiento de la demanda nacional.



5. BIBLIOGRAFÍA

ACEA, J. E. (2013). *World Fuel Charter* (5th ed.).

Europe, F. (2018). *Fuels Europe Statistical Report*.

ICCT. (2016). *Technical Background on India BS VI Fuel Specifications*.

Jorge Humberto Arango - Ecopetrol. (2009). *Calidad de los Combustibles en Colombia*.

P. Comte, J. C. (2017). *Current Status and New Concepts of Gasoline Vehicle Emission*, Gasomep.

UPME. (2019). *PLAN INDICATIVO DE ABASTECIMIENTO DE COMBUSTIBLES LIQUIDOS*.