

# Informe de Avance

Instituto del Sur Urbano

2021



**Sur**

Instituto del  
Sur Urbano

**Instituto del Sur Urbano**

*Informe de Avance*

Reporte Inicial. 2021

**Licenciatura en Tecnologías para la Información en Ciencias**

*Universidad Nacional Autónoma de México*

Escuela Nacional de Estudios Superiores, Unidad Morelia

Antigua Carretera a Pátzcuaro

58000, Morelia

# Resumen Ejecutivo

In this section, you should provide an abstract of your Master's Thesis. The abstract presents a summary of the thesis including purpose, methodology, results and conclusions. It needs to be dense with information but also well-written, well-organized and self-contained, without references, abbreviations, acronyms, jargon, figures or tables. Abstracts may not exceed one page.

Keywords: Include a list of up to five keywords below the last line of text in the abstract.

***Keywords*** — Keyword1, Keyword2 . . . Keyword5



# Índice general

|          |   |           |
|----------|---|-----------|
| <b>1</b> | <b>Introducción</b>                                   | <b>1</b>  |
| <b>2</b> | <b>Contexto Internacional</b>                         | <b>3</b>  |
| 2.1      | GFEI . . . . .  | 4         |
| 2.2      | PCFV . . . . .  | 7         |
| 2.3      | ICCT . . . . .  | 7         |
| 2.4      | Caso de estudio en la EU . . . . .                    | 7         |
| <b>3</b> | <b>Contexto Nacional</b>                              | <b>11</b> |
| 3.1      | Plan Energético Nacional 2020-2050 . . . . .          | 11        |
| 3.2      | Desafíos . . . . .                                    | 12        |
| 3.2.1    | Disponibilidad de Recursos . . . . .                  | 12        |
| 3.2.2    | Brecha Tecnológica . . . . .                          | 12        |
| 3.2.3    | Mitigación y adaptación al cambio climático . . . . . | 13        |
| 3.3      | Normatividad . . . . .                                | 15        |
| 3.4      | Línea Base 2017 . . . . .                             | 15        |
| 3.5      | Línea Base 2020 . . . . .                             | 15        |
| 3.6      | Parque Vehicular en Colombia . . . . .                | 16        |
| <b>4</b> | <b>Metodología</b>                                    | <b>19</b> |
| 4.1      | Modelo OMEGA I . . . . .                              | 19        |
| 4.1.1    | Inputs . . . . .                                      | 22        |
|          | Archivo de Mercado . . . . .                          | 22        |
|          | Archivo de Tecnología . . . . .                       | 23        |
|          | Archivo de Escenario . . . . .                        | 23        |
|          | Archivo de Combustibles . . . . .                     | 24        |
|          | Archivo de Referencia . . . . .                       | 24        |
| 4.2      | Modelación para Colombia . . . . .                    | 24        |
| 4.2.1    | Archivo de Mercado . . . . .                          | 25        |
| 4.2.2    | Archivo de Tecnología . . . . .                       | 25        |
| 4.2.3    | Archivo de Escenario . . . . .                        | 25        |
| 4.2.4    | Archivo de Combustibles . . . . .                     | 25        |
| 4.2.5    | Archivo de Referencia . . . . .                       | 25        |

|                                 |           |
|---------------------------------|-----------|
| <b>5 Conclusiones</b>           | <b>27</b> |
| 5.0.1 Áreas de Mejora . . . . . | 27        |
| <b>Bibliografía</b>             | <b>29</b> |

# Introducción

Ante el panorama mundial actual, en el que más de 120 países que se han comprometido a trabajar ante el avance inminente de la crisis climática, mediante diversas medidas que reduzcan las emisiones que generan; los países latinoamericanos tienen ante sí el reto de crear, adaptar y mejorar los esfuerzos para ser líderes en reducción de emisiones; desde cambios en la política pública, hasta normas que contribuyan a éstas.

Como parte de las metas nacionales de mitigación del cambio climático, en las que Colombia se compromete a reducir el 20% de sus emisiones de dióxido de carbono ( $CO_2$ ) para el 2030 respecto a las emisiones proyectadas (Arbeláez et al., 2015), y teniendo en cuenta que las fuentes móviles representan uno de los sectores en donde se produce una importante cantidad de emisiones  $CO_2$ , se plantea la necesidad de una regulación para acceder a vehículos más eficientes en el consumo de combustible. Este tipo de regulación es justificada por la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos, quien argumenta que es complicado que los fabricantes tengan voluntad propia para actualizar la tecnología de los vehículos para incrementar el rendimiento de combustible, es decir, es necesario que el gobierno imponga límites mínimos de rendimiento de combustible, para que los fabricantes actualicen la tecnología de los vehículos sustancialmente (EPA, 2012 A) [8]. Se estima que en Colombia las emisiones provenientes del transporte representan el 11% de las emisiones de gases de efecto invernadero a nivel nacional, siendo el transporte terrestre el componente más importante (vehículos ligeros y de carga) (IDEAM, 2016).

Según el Departamento Nacional de Planeación del Gobierno de Colombia Los costos en la salud asociados a la degradación ambiental en Colombia ascienden a \$20,7 billones de pesos (más de 7 mil millones de dólares), equivalentes al 2,6% del PIB del año 2015, relacionados con 13.718 muertes y cerca de 98 millones de síntomas y enfermedades. Dentro de estos costos, la contaminación del aire urbano aportó el 75%, con \$15,4 billones de pesos (1,93% del PIB de 2015) asociados a 10.527 muertes y 67,8 millones de síntomas y enfermedades. Recordemos, además, que la contaminación del aire está relacionada con muertes por Cáncer de pulmón, enfermedad cardiopulmonar, todas las causas de muerte en menores de 5 años y

mortalidad general. Aunque no es lo mismo la reducción de Contaminantes Criterio (CC) a la de  $CO_2$  (el mayor contribuyente al cambio climático); la reducción de ambos es clave para mejorar la calidad de vida de las personas.

Por otro lado, en materia económica, el uso ineficiente de los recursos energéticos implica pérdidas económicas irrecuperables, es decir, existe una pérdida cuando se puede utilizar menos (reducir los costos) para producir lo mismo o con la misma cantidad de energía que se consume se podría producir más (aumentar productividad).

El objetivo de la aplicación del Modelo OMEGA al mercado Colombiano fue obtener una comprensión de las tecnologías necesarias para incrementar la eficiencia en vehículos livianos así como de los costos y beneficios de los diferentes escenarios regulatorios para la siguiente fase de las normas de GHG para vehículos en Colombia.

## Contexto Internacional

A nivel internacional, diferentes países han establecido metas de eficiencia energética en el consumo de combustible en vehículos ligeros. Por ejemplo, Estados Unidos, a través de la Administración Nacional de Seguridad de Tráfico en Carreteras (NHTSA), estableció desde 1975 el promedio de consumo de combustible ponderado por corporación (CAFE) con el objetivo de reducir el consumo de combustible de los vehículos y tener una mejora en la eficiencia energética. En 2012, el CAFE fue actualizado para establecer los límites de consumo de combustible, así como los límites en la emisión de CO<sub>2</sub> para la flota estadounidense. El límite para 2025 fue establecido en una meta final de consumo de combustible de 87,4 kilómetros por galón (54,3 mpg) y 101,2 gramos de CO<sub>2</sub> por kilómetro (163 gCO<sub>2</sub>/mi) para el año 2025 (EPA, 2012 B) [1]. Así mismo, para el periodo de 2012 a 2016, el límite de emisión de los automóviles de Estados Unidos fue establecido en 155 gCO<sub>2</sub>/km. La Figura 1 muestra el comportamiento del consumo de combustible de la flota vehicular de Estados Unidos, contra los límites que se han impuesto. Se puede observar que el promedio de consumo de combustible ponderado por corporativo ha estado ligeramente por encima de lo requerido. Este comportamiento sucede cuando se establece la posibilidad de intercambiar créditos que son producidos cuando los fabricantes de automóviles sobrepasan la meta requerida, y cumplen con una meta más estricta que la establecida.

**Unión Europea** Por otro lado, la Unión Europea (UE) comenzó con los esfuerzos para establecer un límite de eficiencia en el consumo de combustible y emisiones de CO<sub>2</sub> desde 1998 con una meta de 140 gCO<sub>2</sub>/km alcanzable para 2008. La última actualización de la UE establece una meta de consumo de combustible de aproximadamente 91,98 km/gal y un límite de emisión de CO<sub>2</sub> de 95 gCO<sub>2</sub>/km, para 2020 (EU, 2014).

**México** En México, los esfuerzos por tener vehículos ligeros más eficientes en el consumo de combustible concluyeron en 2013 con la publicación de la norma NOM-163-SEMARNAT-ENER-SCFI-2013 que regula las emisiones de CO<sub>2</sub> provenientes del tubo de escape y su equivalencia en términos de rendimiento de combustible,

aplicable a vehículos automotores nuevos de peso bruto vehicular de hasta 3.857 kilogramos. En esta norma se establece que para 2016, los automóviles deberán emitir desde 135 gCO<sub>2</sub>/km hasta 180 gCO<sub>2</sub>/km, dependiendo de su tamaño, y para camionetas de 163,6 gCO<sub>2</sub>/km hasta 227 gCO<sub>2</sub>/km dependiendo de su tamaño (DOF, 2013).

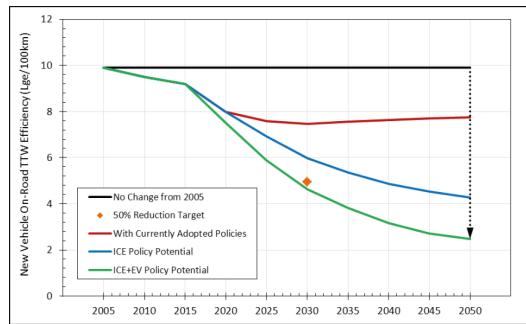
**Japón** De la misma manera, Japón establece un límite de consumo de combustible de 76,8 km/gal alcanzable para 2020 combustible en la política denominada Top Runner (AEES et al., 2011).

En el 2014, 27 de 34 países de la OECD modificaron la normatividad tributaria y realizaron exenciones para la adquisición de vehículos con alta eficiencia en el consumo de combustible y de baja emisión de contaminantes atmosféricos. Además, 18 países disminuyeron la tasa de cobro de impuestos sobre vehículos eléctricos o híbridos (Econcept - AEI, 2016).

Una de las maneras para alcanzar la meta establecida de eficiencia en el consumo de combustible, es la implementación de tecnología en el vehículo. La aplicación de paquetes tecnológicos resulta viable, dado el desarrollo acelerado en las tecnologías para la reducción en el consumo de combustible y para la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero y contaminantes criterio; además Colombia posee la ventaja de ser importante productor de refacciones para automóviles (Rivera Godoy et al., 2016).

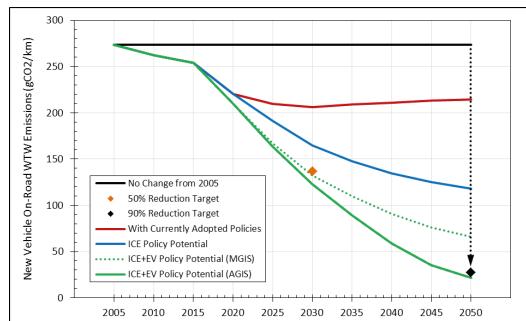
## 2.1 GFEI

La Global Fuel Economy Initiative (GFEI) se fundó en 2009 con el propósito de promover y apoyar la acción gubernamental para mejorar la eficiencia energética del parque vehicular ligero mundial de pasajeros. Originalmente el objetivo del GEFI era duplicar el ahorro de combustible de los nuevos vehículos de pasajeros en todo el mundo para 2030 (en relación con 2005) mediante mejoras continuas en la eficiencia de los motores de combustión interna más la introducción de vehículos de pasajeros eléctricos. Recientemente se ha ampliado este objetivo a una reducción del 50% de las emisiones de CO<sub>2</sub> por kilómetro de los nuevos vehículos de pasajeros para 2030 [7]



**Fig. 2.1:** Eficiencia *Tank-to-wheel* en carretera para los nuevos LDV [7]

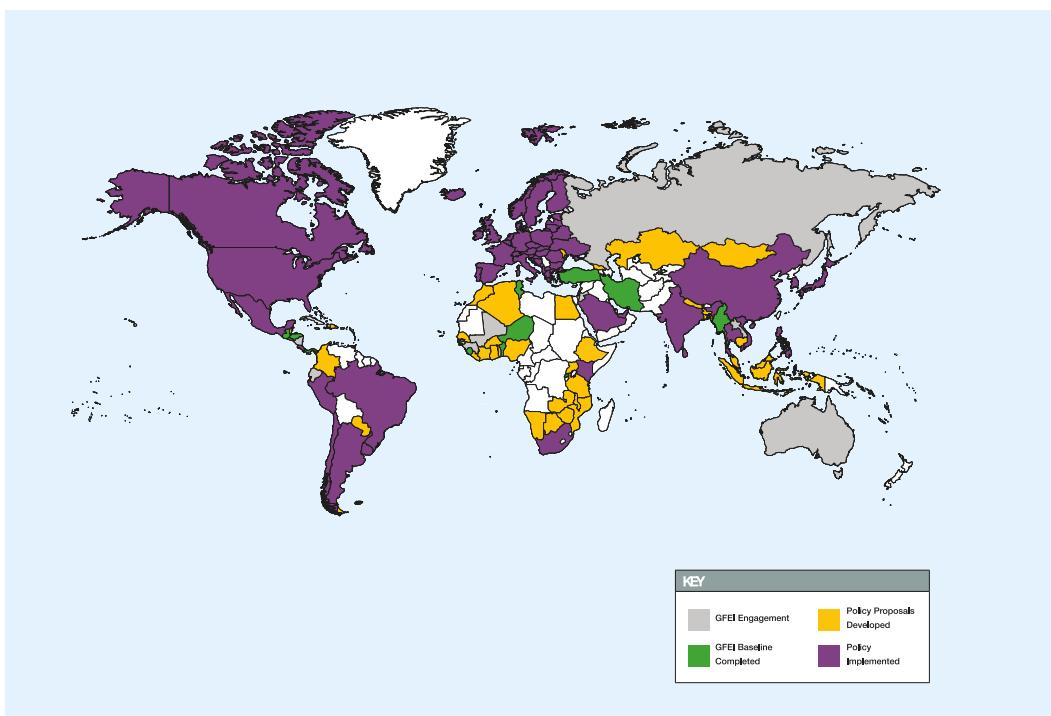
Los socios del GFEI también establecen un nuevo objetivo de reducción de las emisiones de CO<sub>2</sub> por kilómetro de los automóviles de pasajeros para 2050 del 90% (también en relación con 2005). Para alcanzar este objetivo, el consumo de combustible de los motores de combustión tendrá que mejorar una media del 2,1% anual entre 2020 y 2050, la fracción de ventas mundial de vehículos de pasajeros eléctricos tendrá que aumentar hasta el 35% de las ventas en 2030 y el 86% de las ventas en 2050, y la intensidad de carbono de la red eléctrica mundial tendrá que disminuir al menos un 90% entre 2020 y 2050. [7]



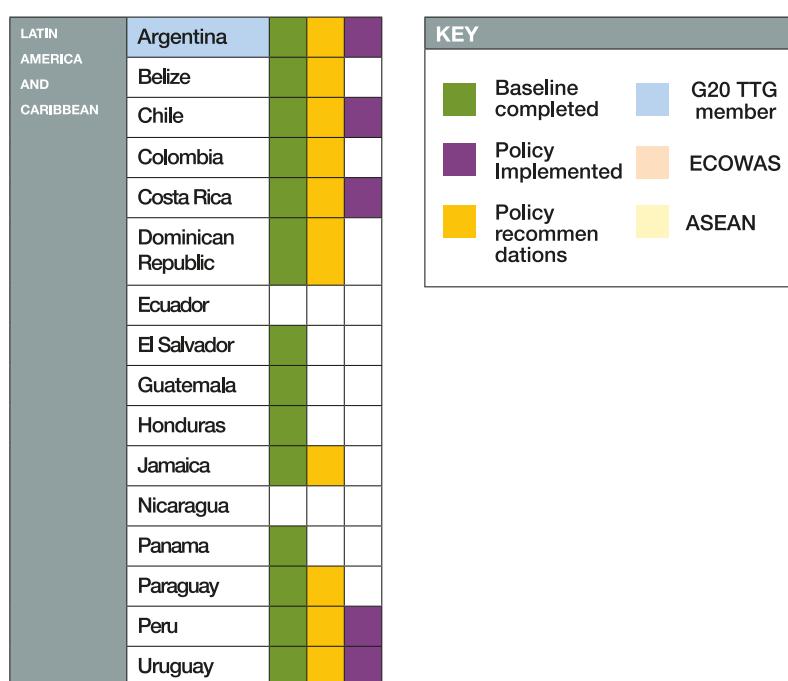
**Fig. 2.2:** Emisiones CO<sub>2</sub> *Well-to-wheel* en carretera para los nuevos LDV [7]

A nivel internacional el GFEI ha colaborado en la elaboración de líneas base y en recomendaciones e implementaciones de políticas que contribuyan a la incrementar la eficiencia energética en LDVs.

En el caso de Colombia se ha elaborado la línea base y se han emitido recomendaciones por parte del GFEI y la ICCT, no obstante estas aún no han sido implementadas.



**Fig. 2.3:** Estatus del trabajo del GFEI en el Mundo [11]



**Fig. 2.4:** Estatus de los objetivos del GFEI en Latinoamerica y el Caribe [11]

## 2.2 PCFV

La Asociación para los Combustibles y Vehículos Limpios (PCFV) es la principal iniciativa mundial de carácter público-privado que promueve los combustibles y vehículos más limpios en los países en desarrollo y en los países en transición. Establecida en la Cumbre Mundial sobre el Desarrollo Sostenible de 2002, la PCFV reúne a 73 organizaciones que representan a países desarrollados y en desarrollo, a las industrias de combustibles y vehículos, a la sociedad civil y a los principales expertos mundiales en combustibles y vehículos más limpios. [9]

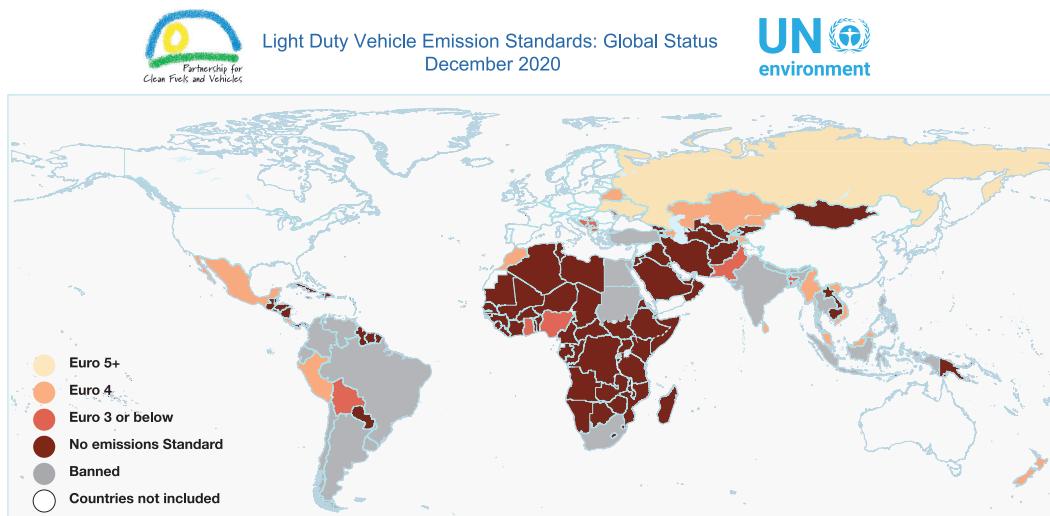


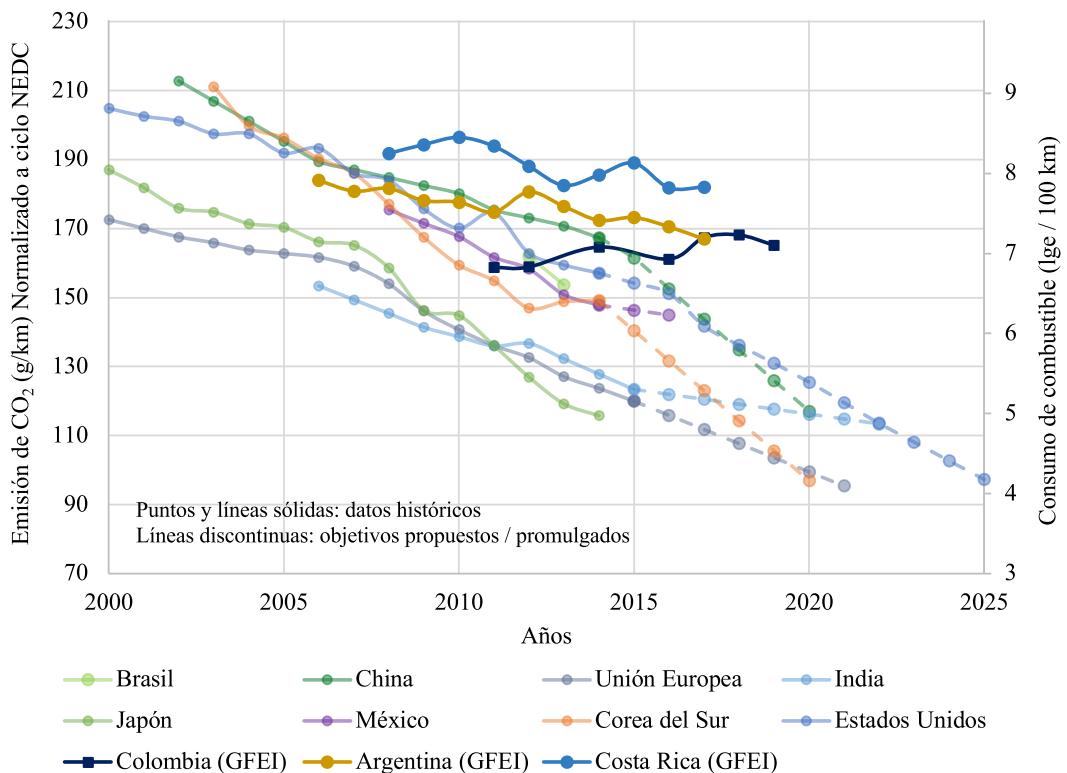
Fig. 2.5: Estatus del PCFV [9]

## 2.3 ICCT

En términos generales gracias a datos preliminares del ICCT podemos observar que en países donde se han implementado políticas para la eficiencia energética la tendencia de los Factores de Emisión (FE) es a la baja.

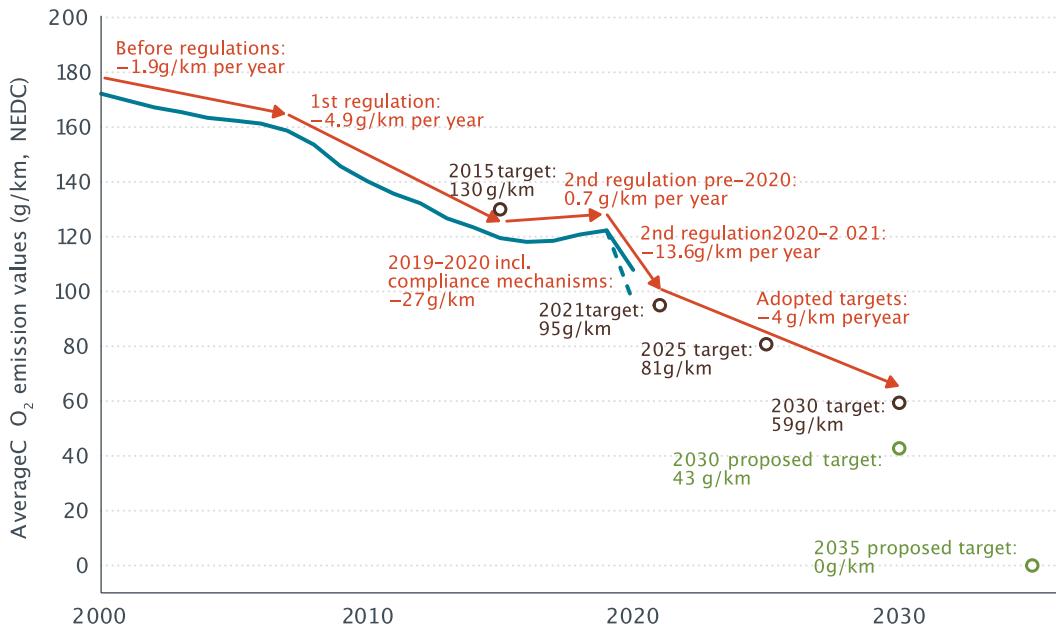
## 2.4 Caso de estudio en la EU

En la Unión Europea podemos observar mejoras cuantificables a partir de las normativas implementadas durante los últimos años. Los datos preliminares de la *European Environment Agency* (EEA) mostraron que los coches nuevos vendidos en



**Fig. 2.6:** Comparación entre los Factores de Emisión de CO<sub>2</sub> calculados para Colombia y los Factores de Emisión de CO<sub>2</sub> reportados por el mercado automotriz en diferentes países. [10]

la UE en 2020 tenían unas emisiones medias de  $CO_2$  de  $108g$  de  $CO_2/km$ ,  $14g/km$  menos que en 2019, medido sobre el Nuevo Ciclo de Conducción Europeo (NEDC). [10] Gracias a los mecanismos de cumplimiento de la EU, el promedio de emisiones de  $CO_2$  bajo el Círculo NEDC se encuentra en  $96g/km$ . El efecto de los mecanismos es contundente como podemos observar en 2.7 y casi todos los fabricantes cumplieron sus objetivos de  $CO_2$  para 2020.



**Fig. 2.7:** Valores Medios Históricos de las Emisiones de CO<sub>2</sub> NEDC [10]



## Contexto Nacional

Desde 1975 a 2019 Colombia ha experimentado un crecimiento sin precedentes. Durante este la población colombiana se ha duplicado, pasando de aproximadamente 24 a 49 millones de habitantes, por otro lado, la industria y el comercio también han crecido, el Producto Interno Bruto ha aumentado 4.8 veces en este mismo periodo. Estos cambios muestran el cambio de un Colombia poco comunicado e industrializado a uno más urbanizado y moderno. No obstante, este crecimiento también ha implicado un aumento más que significativo en el consumo de energía y en la composición de la oferta de energéticos. Cambios que implican nuevos desafíos así como áreas de oportunidad para el gobierno y la sociedad colombiana.

En el sector transporte se ha presentado una tasa promedio anual de crecimiento del 5,9%. [5] y se estima que en Colombia las emisiones provenientes de este sector representan el 10% de las emisiones de gases de efecto invernadero a nivel nacional, siendo el transporte terrestre el componente más importante (vehículos ligeros y de carga) (IDEAM,2016). [4]

### 3.1 Plan Energético Nacional 2020-2050

Recientemente la Unidad de Planeación Minero-Energética (UPME) presentó el Plan Energético Nacional 2020-2050: La transformación energética que habilita el desarrollo sostenible. En este documento se analizan las políticas y metas ya establecidas en materia energética, el impacto de medidas más ambiciosas y los desafíos relacionados con la adopción de tecnologías ya comerciales y otras que aún se encuentran en desarrollo.

Dentro del Plan Energético Nacional 2020-2050, podemos encontrar uno de los principales retos en materia energética que será abastecer una demanda creciente de energía durante los próximos 30 años. En este escenario el sector transporte será el gran protagonista, los potenciales ahorros de energía que se pueden alcanzar con la adopción de mejores tecnologías para utilizar menos combustibles fósiles o fuentes alternativas de energía, hacen del sector transporte (ver 3.1)el principal actor del

país en términos de cambio energético y mitigación del cambio climático en este escenario. [5]

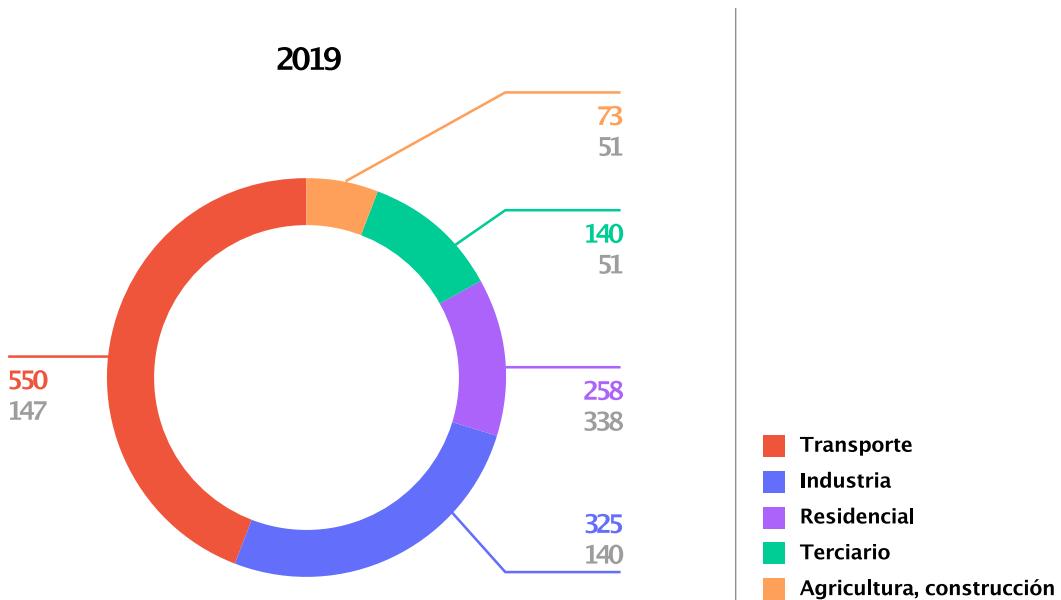


Fig. 3.1: Participación por sectores en el consumo final de energía (PJ) 2019 [5]

## 3.2 Desafíos

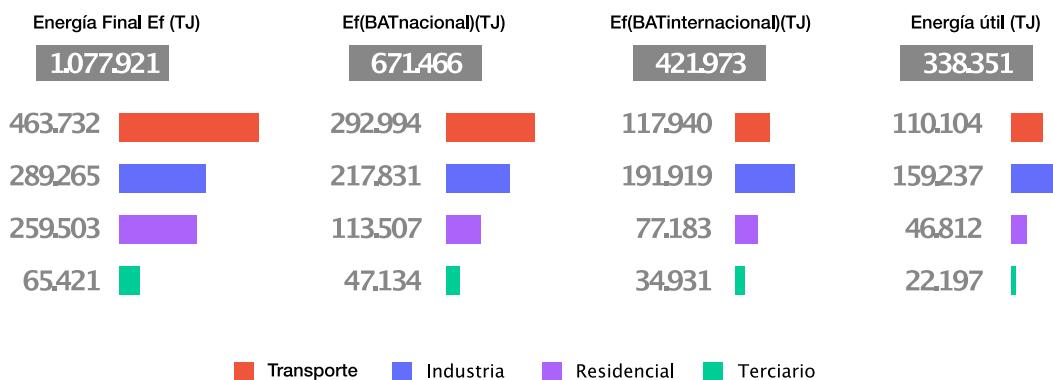
### 3.2.1 Disponibilidad de Recursos

Hasta ahora, Colombia ha podido abastecer su demanda de energía en mayor parte con recursos internos. No obstante, las tendencias a largo plazo de oferta y demanda indican que la autosuficiencia energética podría terminar. En el *Plan indicativo de combustibles líquidos* de la UPME en 2018, se encuentra que se necesitaría importar crudos livianos y pesados en 2028 para cumplir con los requerimientos de las refinerías y la demanda, en caso de que se presentaran las condiciones del escenario de baja producción de petróleo.

### 3.2.2 Brecha Tecnológica

La eficiencia energética ofrece una de las mayores áreas de oportunidad para cumplir con otros indicadores ambientales, reducir costos de producción en el país y aumentar la competitividad de las empresas. Por tanto, el segundo reto del sector

energético colombiano es reducir la brecha tecnológica para aumentar la eficiencia energética.



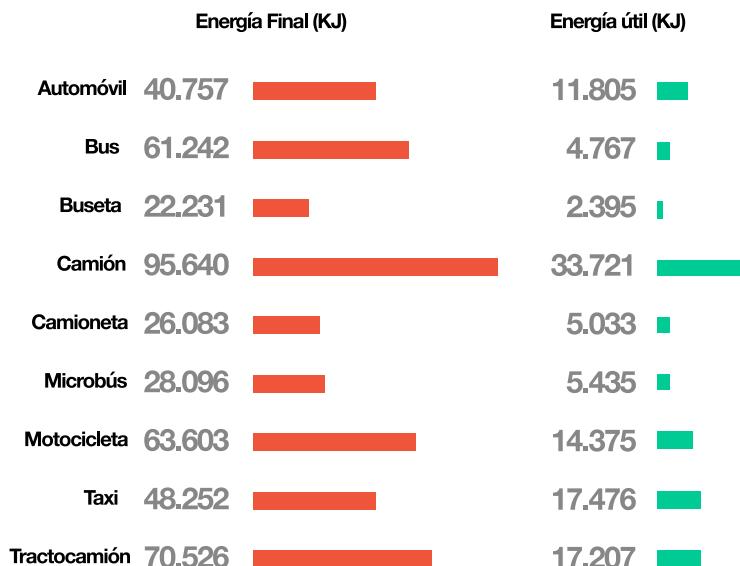
**Fig. 3.2:** Energía final con la mejor tecnología disponible nacional e internacional (UPME, 2018)

En el Balance de Energía Útil para Colombia (BEU) se compara la energía que consumen las tecnologías que se usan actualmente en el país, con respecto a la que se consumiría si se utilizaran las mejores tecnologías disponibles a escalas nacional e internacional, denominadas Best Available Technologies (BAT). En Colombia la energía útil es apenas el 31% de la final y la ineficiencia en el consumo es del orden del 67%, situación que le cuesta anualmente al país entre 6.600 y 11.000 millones de USD al año. Dentro de este porcentaje, el sector transporte representa la mayor contribución a este problema. Según BEU, el consumo de energía final del país se puede reducir entre un 38% y un 50% con el cambio en todas las tecnologías del sector en BAT Nacional y hasta 62% en BAT Internacional, siendo en ambos casos, principalmente aquellas tecnologías aplicables en el sector transporte.

El BEU indica que la energía útil en el sector transporte es solo el 24% de la energía que se consume y las pérdidas por equipamiento corresponden al 69%. El potencial de mejora de eficiencia para este sector, si se adoptaran las BAT nacionales sería del 50%, lo que representaría un ahorro del orden de los 3.400 millones de USD al año si se adoptan las BAT Nacionales y de 6.000 millones de USD al año si se adoptan BAT Internacionales.

### 3.2.3 Mitigación y adaptación al cambio climático

El cambio climático es un fenómeno que pone en riesgo la existencia de la vida humana, la biodiversidad y los ecosistemas. Según el 5<sup>o</sup> Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) se concluyó que más extremadamente probable que la influencia humana ha sido la



**Fig. 3.3:** Energía final y energía útil del sector transporte (UPME, 2018)

causa dominante del calentamiento observado desde la mitad del siglo XX y que esta influencia parte de la emisión de gases de efecto invernadero como el dióxido de carbono, el metano y el óxido de nitrógeno. Las actividades humanas desde el inicio de la Revolución Industrial (desde 1750) ha producido un incremento del 40% en la concentración atmosférica del dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), desde 280 partes por millón (ppm) en 1750 a 400 ppm en 2015. Este incremento ha ocurrido a pesar de la absorción de una gran porción de las emisiones por varios depósitos naturales que participan del ciclo del carbono. Las emisiones de CO<sub>2</sub> antropogénicas (producidas por actividades humanas) provienen de la combustión de combustibles fósiles, principalmente carbón, petróleo y gas natural, además de otras actividades que agravan el problema, como la deforestación, la erosión del suelo y la crianza animal. En el último siglo, sin embargo, el registro de temperaturas desde la década de 1950 no tiene precedentes (ni en el registro de las temperaturas históricas ni en el de los estudios paleoclimáticos).

La Organización de Naciones Unidas ha calificado al cambio climático como el mayor desafío de nuestro tiempo, debido a que sus efectos trascienden fronteras y generaciones y por ello se requiere una respuesta coordinada de todos los países para frenarlo. [5]

En términos energéticos, las medidas de mitigación ante el cambio climático pasan por la adopción de mejoras de eficiencia energética que permitan reducir el consumo y la sustitución de combustibles fósiles por fuentes de bajas emisiones. En este contexto, Colombia se ha comprometido a reducir sus emisiones de Gases

de Efecto Invernadero (GEI). [5] Como se mencionaba anteriormente, es preciso que Colombia acelere la adopción de tecnologías para mejorar la eficiencia en el consumo energético, por lo que las medidas tendientes a reducir el consumo a través de eficiencia energética sirven tanto para mejorar la competitividad como para mitigar los efectos del cambio climático.

### 3.3 Normatividad

En la actualidad, Colombia no cuenta con un marco normativo que monitoree y controle la eficiencia energética en los vehículos. En este sentido se está trabajando en el desarrollo de la hoja de ruta para la implementación de los vehículos de bajas y cero emisiones en el país, así como para establecer la normativa de eficiencia energética y etiquetado vehicular en los diferentes segmentos del transporte. [2]

Adicionalmente, el país cuenta con una serie de programas regionales y nacionales:  
[Adjuntar resoluciones?]

### 3.4 Línea Base 2017

En el año 2017, en el marco del proyecto Combustibles y Vehículos más Limpios y Eficientes se estableció la línea base de consumo de combustible para los vehículos livianos (LDV) de Colombia, considerando los años 2011, 2012, 2014 y 2016. [2]

A partir la base de datos consolidada se pudo concluir que, para Colombia, el factor de emisión anual promedio de CO<sub>2</sub>, calculado bajo el ciclo de conducción NEDC, presentó una reducción del 7,77% entre el 2011 y el 2016, pasando de 175,81 gCO<sub>2</sub>/km a 163,13 gCO<sub>2</sub>/km, respectivamente. Así mismo, se pudo observar una mejora en el rendimiento de combustible de la flota ya que el consumo de combustible se redujo de 7,39 lge/100 km en 2011 a 6,98lge/100km en 2016.[2]

### 3.5 Línea Base 2020

En el año 2020, la Universidad Tecnológica de Pereira en conjunto con el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), socios de la Iniciativa Global para la Economía de Combustible (GFEI) y muchas otras mas entidades, se estableció

la línea base para la economía de combustible de los vehículos livianos (LDV) en Colombia del año 2017, frente a los resultados de la actualización del estudio hasta el año modelo 2019. Se realizó una búsqueda de información relacionada principalmente con:

- Calidad de combustible
- Emisiones vehiculares
- Eficiencia energética en el sector transporte
- Caracterización de la flota de vehículos pesados (HDV)
- Planes o proyectos a futuro relacionados con los temas investigados en los ítems anteriores.
- Identificación de los órganos competentes en materia de medio ambiente, energía y transporte.

El presente informe presenta los resultados de la actualización de la línea base de consumo de combustible [lge/100km] y de dióxido de carbono [gCO<sub>2</sub>/km] desarrollado para los vehículos livianos (LDV) que ingresaron al mercado colombiano bajo año modelo 2017, 2018 y 2019. Las metodologías utilizadas corresponden a las desarrolladas por la Iniciativa Global para la Economía de Combustibles (GFEI), las cuales han sido implementadas en diferentes países, permitiendo que los resultados obtenidos en el contexto colombiano sean comparables con los de otros estudios realizados alrededor del mundo. [2]

### 3.6 Parque Vehicular en Colombia

De acuerdo con la base de datos del Registro Único Nacional de Transito RUNT 2020 se realizó un análisis de la flota de vehículos que opera en el territorio colombiano de acuerdo a tres criterios de participación: clase, combustible y marca. Los porcentajes corresponden a cifras agregadas hasta el año 2019 según año modelo.

En cuanto a la participación por clase, podemos observar que 3.4 muestra que el automóvil corresponde a la tipología de vehículos con mayor participación con un 59.3%, seguido de la camioneta con un 34.6%. De acuerdo al tipo de combustible, en 3.5 indica que los vehículos que operan con gasolina representan el 92.1%, mientras que los vehículos diésel representan el 7.3% de la flota de vehículos livianos.

### Distribución del parque automotor colombiano por clase, 2019

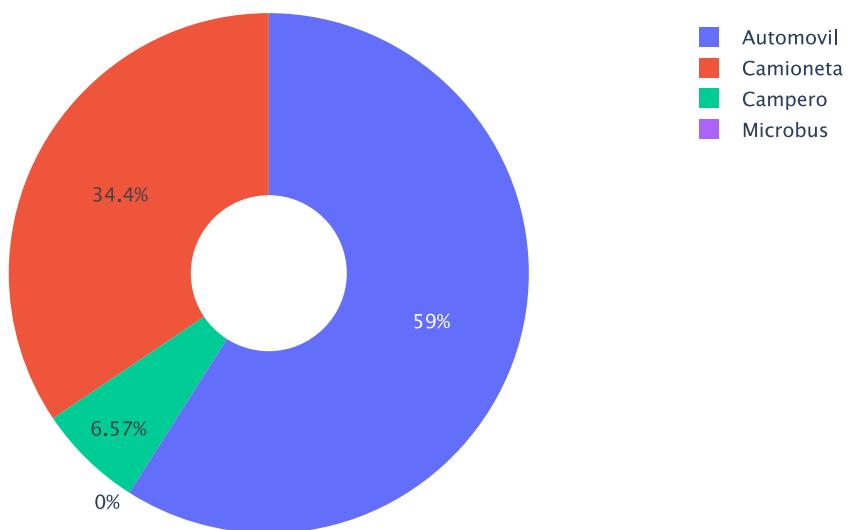


Fig. 3.4: Distribución del parque automotor colombiano por clase (2019) [10]

### Distribución del parque automotor colombiano por tipo de combustible

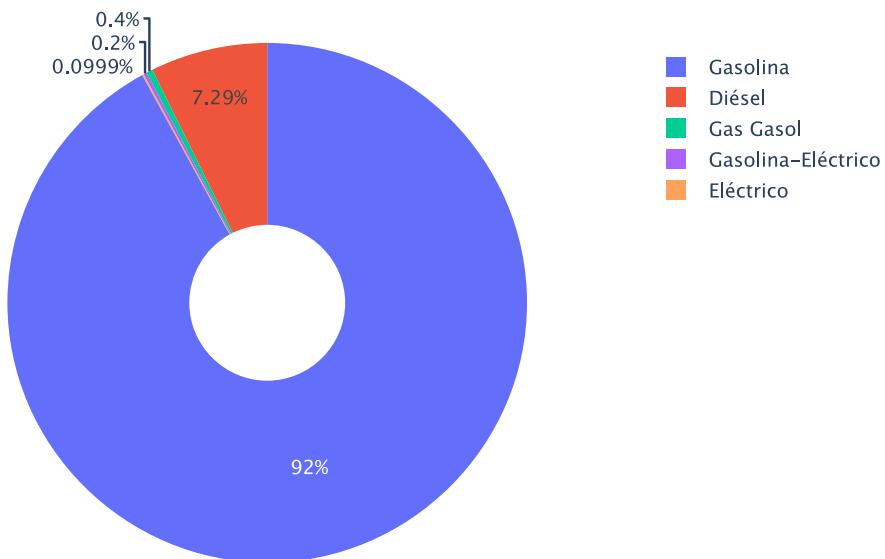


Fig. 3.5: Distribución del parque automotor colombiano por tipo de combustible. [10]

Es también importante tener en cuenta que el 70% distribución del parque vehicular colombiano por marcas de casas fabricantes de vehículos esta concentrada solo en seis marcas. De estas marcas, la mayoría de los vehículos importado provienen de países que ya cuentan con políticas para la eficiencia energética, por ejemplo México.

# Metodología

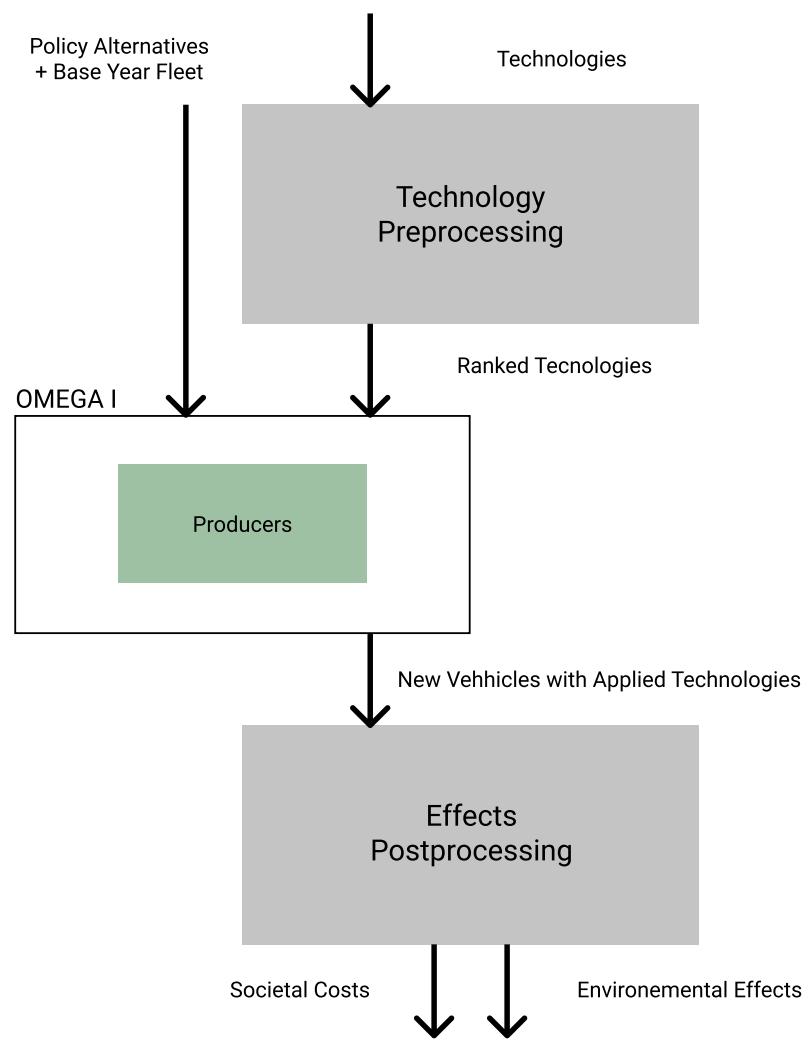
“Users do not care about what is inside the box,  
as long as the box does what they need done.

— Jef Raskin  
about Human Computer Interfaces

Para calcular el costo asociado a la aplicación de tecnologías para la eficiencia en el consumo de combustible y la reducción de emisiones en la flota de vehículos ligeros de Colombia, se utilizó el Modelo de Optimización para Reducir las Emisiones de Gases de Efecto Invernadero de Automóviles (OMEGA). El modelo OMEGA (EPA, 2016-B) [3] es un modelo creado por la EPA a través del cual se evaluaron las regulaciones con respecto al consumo de combustible ponderado por corporación (CAFE) para vehículos ligeros de Estados Unidos. El objetivo del modelo OMEGA consiste en fundamentar la aplicación de diferentes paquetes tecnológicos para la reducción en el consumo de combustible y así, alcanzar una meta de reducción en la emisión de gases de efecto invernadero. No obstante, el modelo no pretende indicar las tecnologías que se deban aplicar, sino que busca justificar que la meta propuesta es alcanzable. (EPA, 2016-B) [3]

## 4.1 Modelo OMEGA I

La EPA creó la versión inicial del modelo OMEGA para analizar las normativas GHG para vehículos ligeros propuestas en 2011. El modelo central desempeñaba 4.1 la función de identificar las vías de cumplimiento de los fabricantes que minimizaban los costes para cumplir una norma de emisiones de la flota basada en la huella especificada por el usuario. El preprocesamiento del modelo consistía en clasificar los paquetes tecnológicos que debía considerar el modelo en función de su coste-efectividad. El postprocesamiento de los resultados se llevaba a cabo por separado utilizando una hoja de cálculo y, posteriormente, mediante código se generaban resúmenes en forma de tabla de los efectos modelados.



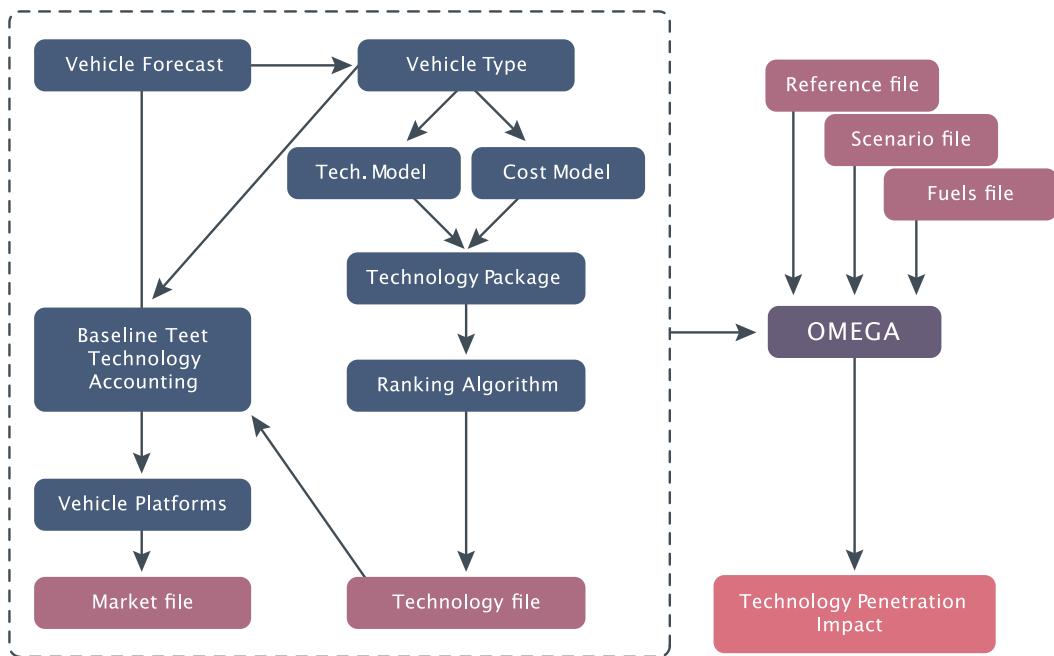
**Fig. 4.1:** OMEGA II

OMEGA I está desarrollado en el lenguaje de programación C# y utiliza como insumos principales, hojas de cálculo desarrolladas en Excel. Así mismo, los resultados del modelo son arrojados en hojas de Excel y en archivos de texto. El modelo requiere de 5 libros de Excel como insumos principales para el cálculo de resultados; estos son: Archivo de mercado, archivo de tecnologías, archivo de combustibles, archivo de referencia y el archivo de los escenarios. Cada archivo debe contener información esencial que el modelo utilizará durante la evaluación de costos y aplicación de tecnología. La información involucra la caracterización vehicular, la caracterización de los paquetes tecnológicos, el establecimiento de las metas, entre otras variables que se describen más adelante.

Es necesario mencionar que, el usuario puede configurar el modelo de distintas maneras para establecer escenarios flexibles para el cumplimiento de la meta de consumo de combustible y de emisiones, por ejemplo, es posible establecer una meta fija para toda la flota vehicular o distintas metas divididas por tamaño o tipo de vehículo y teniendo distintos términos de cumplimiento. De igual manera se puede calcular los beneficios teniendo en cuenta algún sector de interés, por ejemplo, dirigido a los fabricantes o para los consumidores.

El resultado de la modelación es un promedio de emisión alcanzada a través de la aplicación de ciertos paquetes tecnológicos que reducen el consumo de combustible. A su vez, se calcula el costo asociado a dicha aplicación. Este resultado se encuentra ponderado por las millas recorridas y por las ventas de cada fabricante. Los archivos de salida del modelo contienen información detallada sobre la tecnología añadida a cada vehículo, costos y emisiones. Dado que las reducciones de emisiones contemplada por el modelo OMEGA están concebidas solamente por criterios referentes al consumo de combustible, además de que no se toman en cuenta otros tipos de emisiones de otros contaminantes, es posible convertir directamente los resultados de emisiones a rendimiento en el combustible, a través del factor de emisión seleccionado. Esto se realiza a través de la siguiente ecuación:

$$\frac{km}{gal} = \frac{7618.04}{\frac{gCO_2}{km}}$$



**Fig. 4.2:** OMEGA Inputs

#### 4.1.1 Inputs

Archivo de Mercado

OMEGA requiere una flota de referencia detallada, que incluya el fabricante, las ventas, las emisiones de  $CO_2$  de base, la huella y el grado de utilización de las tecnologías de eficiencia. Este archivo es la entrada que describe la composición de la flota de vehículos utilizada por el modelo para estimar los costos.

| Input Data in Vehicle Worksheet of the Market File |                                  |
|--|----------------------------------|
| Column   | Name                             |
| A  | Platform Index #                 |
| B  | Vehicle Index #                  |
| C  | Manufacturer                     |
| D  | Model                            |
| E  | Vehicle Type #                   |
| F  | Fleet Type                       |
| H  | Vehicle Safety Class             |
| I  | CVCM Class                       |
| J  | EPA Vehicle Class                |
| L  | Baseline Sales                   |
| M-T  | Annual Sales by Cycle            |
| V  | Tailpipe CO2 (g/mi)              |
| W  | Footprint (ft2)                  |
| X  | Curb Weight (lb)                 |
| AG   | Primary Fuel Type                |
| AK-CH  | TEB Tech Package 1-50            |
| CI-EF  | CEB Tech Package 1-50            |
| EG-GD  | OEB Tech Package 1-50            |
| GE-IC  | Tech Tracking Codes Package 1-50 |

## Archivo de Tecnología

El archivo de Tecnología contiene los costos y los valores de eficiencia de cada uno de los paquetes tecnológicos por tipo de vehículo. Los paquetes tecnológicos combinan una serie de tecnologías individuales que reducen las emisiones de CO2 según el tipo de vehículo. OMEGA utiliza 29 tipos de vehículos diferentes para asignar paquetes tecnológicos (U.S. EPA, 2016). [3] Estos tipos de vehículos representan varias categorías de vehículos, incluyendo coches subcompactos, coches medianos, crossover, utilitarios deportivos (SUV) y camionetas, así como variantes dentro de estas categorías, como los modelos de lujo o deportivos, con diferentes características de rendimiento. [6]

## Archivo de Escenario

En este archivo se definen los escenarios normativos y otros parámetros económicos. Para definir un escenario, el usuario debe especificar el año, el tipo de objetivo de

cumplimiento (CO2 o MPG), el tipo de función de cumplimiento (single-value target, S-shaped target, or piecewise linear) y los nombres de los otros archivos de entrada que describen la flota de vehículos, los paquetes tecnológicos y las propiedades de los combustibles, como se ha descrito anteriormente.

#### Archivo de Combustibles

Este archivo define las propiedades físicas y los precios de los combustibles y las fuentes de energía. El archivo de entrada de combustibles también contiene previsiones de precios anuales para un máximo de 20 años. Estos datos se utilizan únicamente en el postprocesamiento y no se tienen en cuenta en el proceso de optimización.

| Input Data in Fuel Worksheet of the Fuels File |                         |
|--|-------------------------|
| Column   | Name                    |
| A  | Fuel Type               |
| B  | Energy Density          |
| D  | Carbon Density          |
| E  | CAFE Equivalency Factor |
| F-Y  | Fuel Price (\$/gal)     |

#### Archivo de Referencia

Este archivo describe las tasas de supervivencia de los vehículos y los kilómetros recorridos por ambas clases de vehículos, los coches y los camiones ligeros. Se utiliza para estimar las toneladas totales de CO2 emitidas por cada clase de vehículo al calcular los costes en el marco de OMEGA.

## 4.2 Modelación para Colombia

Este análisis empleó y adaptó el modelo OMEGA versión 1.4.56. [3] de la EPA a una flota de referencia en Colombia para evaluar los costos y beneficios de un escenarios regulatorio. Esta sección describe la metodología y el modelo utilizados para llevar a cabo el análisis.

Como se menciona en la sección anterior el modelo se alimenta con distintos archivos con datos específicos sobre la sección del mismo.

#### 4.2.1 Archivo de Mercado

En el archivo de Mercado (Market File) los datos utilizados fueron provistos por la Universidad de Pereira. [2].

No obstante algunos de los atributos mostrados en la tabla anterior tuvieron que ser calculados de manera independiente. En el caso del *Footprint*, este tuvo que ser estimado a partir de la clase de vehicular anteriormente asignada en este ejercicio.

#### 4.2.2 Archivo de Tecnología

El paquete tecnológico y el conjunto de datos de costos de la EPA fueron desarrollados por la EPA en 2016 y 2017 para el análisis que respalda el desarrollo de las normas de emisiones de GHG y de ahorro de combustible de los vehículos ligeros del año modelo 2017 al 2025.

#### 4.2.3 Archivo de Escenario

#### 4.2.4 Archivo de Combustibles

En el archivo de Combustibles (Fuels File) los datos utilizados fueron obtenidos del Plan Energético Nacional 2020-2050. [5]

| Proyección de precios de los combustibles (UPME) |         |      |      |      |      |      |
|--|---------|------|------|------|------|------|
| Combustible                                      | Unidad  | 2020 | 2025 | 2030 | 2035 | 2040 |
| Gasolina   | USD/gal | 2,74 | 3,18 | 3,30 | 3,45 | 3,55 |
| Diésel   | USD/gal | 2,64 | 2,90 | 3,0  | 3,11 | 3,19 |

Los precios de las gasolinas fueron estimados a partir de un modelo lineal alimentados con las estimaciones realizadas por la UPME que se describen en dicho documento.[5] Adicionalmente se calculó la Densidad del Carbón.

#### 4.2.5 Archivo de Referencia

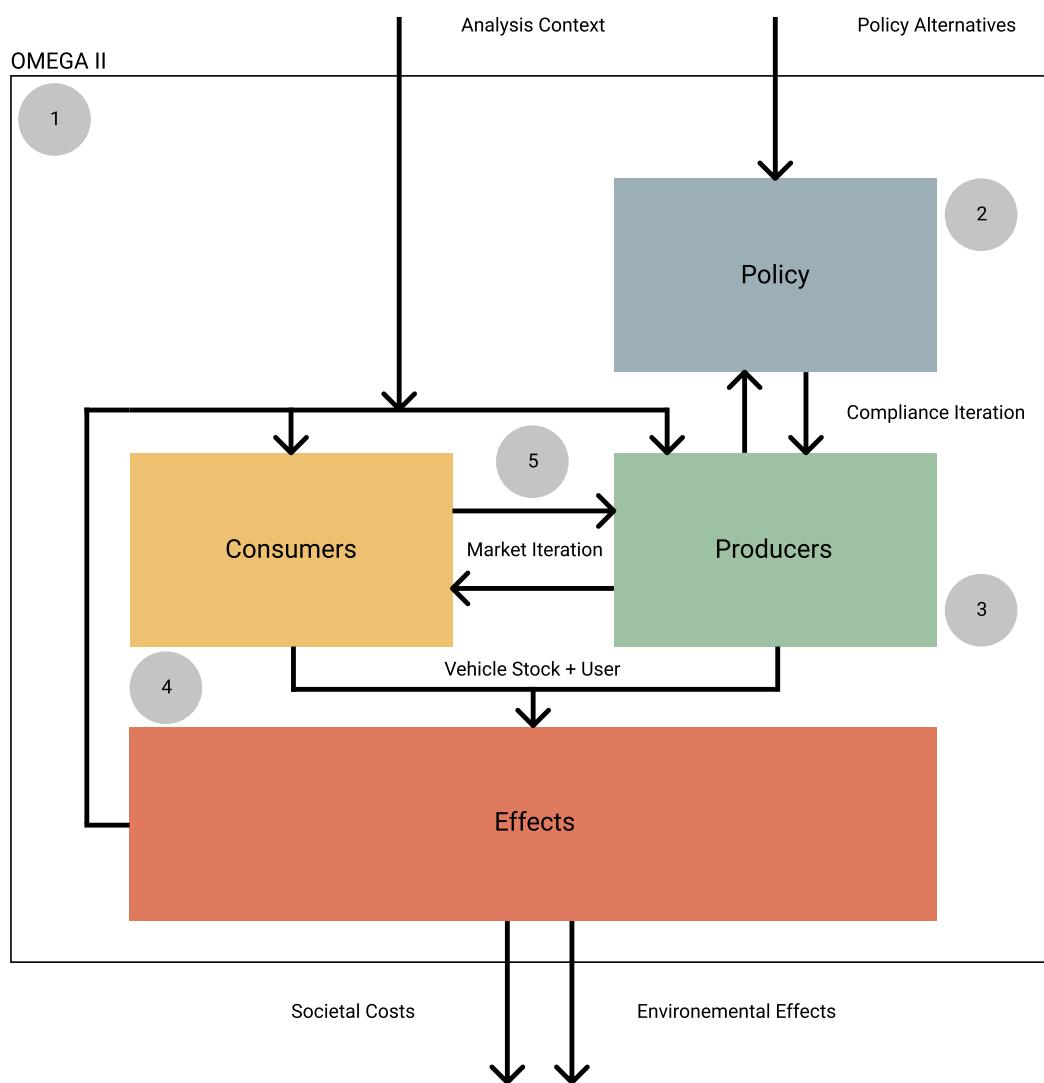


# Conclusiones

Implementar mecanismos que garantizan la eficiencia energética, sobre todo en combustibles fósiles, implica realizar cambios productivos, estructurales y de consumo que tendrán un impacto que trasciende lo únicamente lo energético. La reducción del uso de combustibles fósiles tendrá repercusión en la economía del país, el empleo, los recursos con los que cuentan las regiones, la forma de vida de los habitantes, el medio ambiente en el que se explotan recursos, etc. Por ello, el planeamiento energético debe involucrar tales impactos en los análisis e involucrar a los diferentes actores que podrían intervenir en el proceso.

## 5.0.1 Áreas de Mejora

Desde la salida inicial del Modelo OMEGA I distintos avances tecnológicos y cambios en el mercado de Vehículos Livianos (LDV) eventualmente han surgido así como nuevos servicios de movilidad. La versión de OMEGA II se desarrolló tomando en cuenta todo estos nuevos cambios. La introducción de la interacción de decisiones entre Consumidores y Productores permite al modelo representar la respuesta de los consumidores a nuevos vehículos y servicios.



**Fig. 5.1:** OMEGAI<sup>II</sup>

# Bibliografía

- [1] *2017 and Later Model Year Light-Duty Vehicle Greenhouse Gas Emissions and corporate Average Fuel Economy Standards.* en. Vol. 77. Federal Register 199. National Highway Traffic Safety Administration, oct. de 2012. URL: <https://www.gpo.gov/fdsys/pkg/FR-2012-10-15/pdf/2012-21972.pdf> (vid. pág. 3).
- [2] *Actualización de la línea base para la economía de combustibles de los vehículos livianos en Colombia 2020.* Inf. téc. Universidad Tecnológica de Pereira (vid. págs. 15, 16, 25).
- [3] *EPA Optimization Model for Reducing Emissions of Greenhouse Gases from Automobiles (OMEGA) core Model Version 1.4.56.* Inf. téc. U.S. Environmental Protection Agency. URL: <https://nepis.epa.gov/Exe/ZyPDF.cgi/P1000X2M.PDF?Dockey=P1000X2M.PDF> (vid. págs. 19, 23, 24).
- [4] *Justificación Técnica para la Aplicación de Límites Mínimos en el Rendimiento de consumo de combustible en Vehículos Ligeros de Colombia Diciembre de 2018.* Inf. téc. WRI México (vid. pág. 11).
- [5] *Plan Energético Nacional 2020-2050.* Inf. téc. Repùblica de Colombia: Ministerio de Minas y Energía. URL: <https://www1.upme.gov.co/DemandayEficiencia/Paginas/PEN.aspx> (vid. págs. 11, 12, 14, 15, 25).
- [6] Francisco Posada, Kate Blumberg, Joshua Miller y Ulises Hernandez. *Evaluation of next-phase greenhouse gas regulations for passenger vehicles in Mexico.* en. Inf. téc. ICCT, pág. 64 (vid. pág. 23).
- [7] *Prospects for Fuel Efficiency, Electrification and Fleet Decarbonisation.* Inf. téc. Global Fuel Economy Initiative. URL: <https://www.globalfueleconomy.org/media/708302/gfei-working-paper-20.pdf> (vid. págs. 4, 5).
- [8] *Regulatory Impact Analysis: Final Rulemaking for 2017-2025 Light-Duty Vehicle Greenhouse Gas Emission Standards and Corporate Average Fuel Economy Standards.* Inf. téc. U.S. Environmental Protection Agency, ago. de 2012. URL: <https://nepis.epa.gov/Exe/ZyPDF.cgi/P100EZI1.PDF?Dockey=P100EZI1.PDF> (vid. pág. 1).
- [9] *The Vehicles Campaign.* en. URL: <https://www.unep.org/explore-topics/transport/what-we-do/partnership-clean-fuels-and-vehicles/vehicles-campaign> (vid. pág. 7).
- [10] Uwe Tietge, Peter Mock, Sonsoles Díaz y Jan Dornoff. *CO<sub>2</sub> emissions from new passenger cars in Europe: Car manufacturers performance in 2020.* en. Inf. téc. ICCT, pág. 13 (vid. págs. 8, 9, 17).
- [11] *Vehicle Efficiency and Electrification: A Global Status Report.* Inf. téc. Global Fuel Economy Initiative. URL: <https://www.globalfueleconomy.org/media/791561/gfei-global-status-report-2020.pdf> (vid. pág. 6).

