

# Lineamientos para la eficiencia energética y el desarrollo de bajo carbono en el Transporte Automotor de Cargas (TAC)

---

Instituto del Transporte – Universidad Nacional de San Martín  
Año 2016



UNIVERSIDAD  
NACIONAL DE  
SAN MARTÍN

Informe elaborado por un equipo del Instituto del Transporte de la UNSAM, con el financiamiento y en el marco de la convocatoria “Universidad y Transporte”, de la Secretaría de Políticas Universitarias (SPU) de la Nación. Las conclusiones no reflejan necesariamente las posiciones institucionales de la SPU o de la UNSAM.

**Dirección**

José Barbero

**Equipo de trabajo**

Laura Camila Cruz

Ignacio Estévez

Pablo Adrián Vazano

Rodrigo Rodríguez Tornquist

# Contenido

Abstract .....	7
Introducción .....	8
1. El sector TAC en la Argentina y emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) .....	10
1.1. Contexto geográfico y partición modal .....	10
1.2. Caracterización del transporte automotor de cargas .....	13
1.3. La flota dedicada al transporte automotor carretero en Argentina .....	16
1.4. Consumo energético y emisiones del sector TAC en Argentina .....	17
2. Identificación y descripción de posibles medidas de mitigación .....	21
2.1. ¿Por qué promover la eficiencia energética y reducir las emisiones de GEI? .....	21
2.2. Medidas para reducir el consumo energético en el transporte carretero de cargas .....	23
2.2.1. Chatarización de vehículos antiguos (desguace) .....	23
2.2.2. Mejora de la eficiencia de la flota de mediana edad .....	23
a) Modernizaciones (Retrofits) .....	24
b) Tecnologías para reducir la resistencia a la rodadura (mejores neumáticos) .....	25
c) Tecnologías para reducir la resistencia aerodinámica .....	28
d) Reducción del consumo energético de los equipos auxiliares .....	31
e) Eliminación del ralentí .....	32
2.2.3. Prácticas operativas y de mantenimiento .....	34
a) Control de neumáticos .....	34
b) Control de filtros .....	35
2.2.4. Gestión de las flotas y comercialización .....	36
a) Conducción eficiente .....	36
b) Conformación de bolsas de carga .....	38
2.2.5. Formalización del sector .....	38
3. Casos de Estudio .....	40
3.1. Colombia .....	40
3.2. Co-beneficios .....	42
3.3. México .....	43
3.4. Mecanismo de MRV .....	46
3.5. Co-beneficios .....	46

3.6.	Brasil .....	47
4.	Evaluación de las medidas de mitigación.....	49
4.1.	<b>Escenarios de análisis para la estimación de emisiones</b> .....	49
4.2.	<b>Metodología para la estimación de emisiones</b> .....	51
4.3.	<b>Factores de Consumo y Emisión</b> .....	52
4.4.	Potencial de Mitigación.....	52
4.5.	Incertidumbre.....	54
4.6.	Costos de implementación.....	54
4.7.	Co-beneficios.....	54
4.8.	Barreras .....	56
5.	Conclusiones y recomendaciones .....	58
	Bibliografía .....	60

## Tablas

Tabla 1. Participación Modal del transporte de cargas en un conjunto de países de América Latina .....	12
Tabla 2. Composición de la flota de transporte carretero de cargas - año 2005 .....	17
Tabla 3. Estado mundial de la economía del combustible (LGE/100 km).....	22
Tabla 4. Matriz de tecnologías para reducción de consumo de combustible en vehículos pesados en Estados Unidos .....	25
Tabla 5. Países que han establecido un sistema de etiquetado de neumáticos .....	27
Tabla 6. Valores típicos de Coeficiente de arrastre en diferentes tipos de vehículos .....	28
Tabla 7. Tecnologías para reducir el arrastre aerodinámico .....	29
Tabla 8. Uso de los equipos auxiliares en diferentes ciclos de carga .....	31
Tabla 9. Resumen de tecnologías para la eliminación del ralentí.....	34
Tabla 10. Indicadores monitoreados en el MRV .....	43
Tabla 11. Indicadores monitoreados en el MRV (México).....	46
Tabla 12. Resumen de medidas analizadas en los dos escenarios de análisis.....	50
Tabla 13. Factores de emisión y consumo seleccionados para la estimación de emisiones.....	52
Tabla 14. Reducciones de emisiones de CO <sub>2</sub> e.....	53
Tabla 15. Factores de emisión de PM y Nox para las diferentes tecnologías.....	55
Tabla 16. Estimación de reducción de emisiones de PM y Nox para cada escenario .....	55
Tabla 17. Estimación del gasto en combustible para cada escenario.....	56
Tabla 18. Barreras frente a la adopción de las medidas consideradas en el estudio y acciones requeridas para superarlas .....	56

## Figuras

Figura 1 - Emisiones Sector Energía 2012 – en Gg CO <sub>2</sub> eq/año.....	10
Figura 2. Distribución modal de las cargas de larga distancia de cabotaje en Argentina para 2012 (en % de las ton-km).....	11
Figura 3. Distribución modal en países latinoamericanos y otros países seleccionados.....	13
Figura 4. Evolución del horizonte de reservas de hidrocarburos (1988 – 2013) .....	19
Figura 5. Estructura del costo logístico para el transporte de cargas de larga distancia (Año 2014 – CATAC / FADEEAC).....	20
Figura 6. Uso de la energía en el sector transporte por modo 1971-2009.....	21
Figura 7. Rango porcentual de pérdida de energía de un camión clase 8 en funcionamiento en carretera sin pendiente.....	24
Figura 8. Posibles mejoras aerodinámicas en un vehículo pesado .....	29
Figura 9. Consumo de combustible como función de la velocidad .....	36
Figura 10. Distribución modal del transporte de cargas en Colombia (en toneladas) .....	40
Figura 11. Distribución modal del transporte de cargas en México .....	44
Figura 12. Potencial de mitigación de la NAMA en México .....	45
Figura 13. Distribución modal de la matriz brasilera de transporte regional de cargas 2011.....	47
Figura 14. Potencial de reducción de emisiones de CO <sub>2</sub> e en los escenarios analizados .....	53

## Ecuaciones

Ecuación 1. Resistencia aerodinámica .....	28
Ecuación 2. Cálculo de emisiones para fuentes móviles (México) .....	46
Ecuación 3. Estimación de emisiones de CO <sub>2</sub> .....	51

## Abreviaturas

CEDOL	Cámara de la Logística Especializada en Distribución y Transporte
CO	Monóxido de carbono
CTF	Clean Technology Fund
COVNM	Compuestos orgánicos volátiles diferentes al metano
FADEAAC	Federación Argentina de Entidades Empresarias del Autotransporte de Cargas y, respectivamente
GEI	Gases de efecto invernadero
GIZ	Agencia Alemana de Cooperación Técnica
Gg	Gigagramos
INDC	Intended Nationally Determined Contributions
LGE	Litros de gasolina equivalente
MDL	Mecanismo de Desarrollo Limpio
NO <sub>x</sub>	Óxido Nitroso
NAMA	Medidas de Mitigación Nacionalmente Apropriadas
PM	Material Particulado

## Abstract

A nivel global existe un creciente interés en mejorar el desempeño del sector transporte en respuesta a la evolución de la agenda energética y ambiental, tanto por el aumento de los costos del combustible, como por compromisos suscritos en el marco de las negociaciones internacionales. El Transporte Automotor de Cargas (TAC) tiene un papel dominante en la actividad (con más del 90% del movimiento nacional de cargas), siendo uno de los principales responsables del consumo energético y de las emisiones del sector. Para identificar acciones para reducir estos factores se propone el enfoque Evitar-Cambiar-Mejorar, el cual consiste en reducir la cantidad de viajes, cambiar hacia modos menos intensivos en emisiones y mejorar el desempeño de la actividad. El presente estudio analiza el potencial de una serie de medidas tecnológicas y de gestión enfocadas a la mejora al interior del sector, las cuales entregan importantes beneficios en términos de consumo de combustible, emisiones de GEI y calidad del aire. Para esto, el documento describe la estructura del sector TAC, identifica las potenciales medidas de mejora de su desempeño (mediante el relevamiento de bibliografía especializada y la revisión de las experiencias de internacionales) y realiza una estimación de los beneficios potenciales asociados a su implementación. Como resultado se identifican considerables beneficios en términos de reducciones de GEI, que en un escenario de acciones moderadas alcanzarían 20% a 2030 en comparación con la línea base y en un escenario de acciones más ambiciosas, este potencial ascendería a 36% en referencia al escenario base. Cabe destacar que tanto las acciones moderadas como ambiciosas generan importantes cobeneficios como por ejemplo el mejoramiento de la calidad del aire, reduciendo 8 y 15% de material particulado, respectivamente.

**Palabras clave:** *Transporte, Cargas, Eficiencia energética, Mitigación, Cambio Climático*

## Introducción

El transporte es un sector de central relevancia en la agenda del cambio climático, pues es responsable cerca del 23% de las emisiones globales del sector energía. También es el sector que presenta el crecimiento más acelerado de emisiones de GEI con un incremento promedio de 2% a nivel global entre el período 1990-2012. Se estima que en ausencia de políticas agresivas de mitigación, dichas emisiones podrían pasar de 8,7 Gt de CO<sub>2</sub>e a 12 Gt CO<sub>2</sub>e para el año 2050.

El sector es además el principal consumidor de energía en el 40% de los países, y el segundo en el resto de ellos. De acuerdo al IPCC, con la implementación de políticas y medidas de eficiencia energética sería factible una reducción del 15 - 40% en el consumo de combustible para 2050 en comparación con el escenario tendencial.

En este sentido, la agenda del cambio climático presenta un desafío de enorme magnitud para el sector. Se estima que una de las condiciones necesarias para alcanzar la meta acordada en París de limitar el cambio climático a 2°C (o 1.5°C), es que las emisiones del sector logren declinar a 5,7 Gt para el año 2050.

En Argentina, el transporte representa el 14% de las emisiones totales, incrementándose en un 35% en el período 2002-2012 (SAyDS 2015). La capacidad de mitigación en el sector se ve afectada por la fuerte dependencia de los combustibles fósiles, además de la ausencia de estrategias en el segmento de las cargas, que es el responsable del 57,3% de las emisiones que genera el transporte automotor. Estos son aspectos importantes a considerar frente a la implementación de la INDC nacional, que propone una reducción del 15% de sus emisiones totales para 2030, mas un 15% adicional sujeto al acceso a recursos de financiación.

El marco metodológico que se propone para identificar los potenciales de mitigación en el sector es el enfoque “Evitar-Cambiar-Mejorar” (ASI por sus siglas en inglés) (Dalkmann, 2007) (Barbero & Rodriguez Tornquist, 2012).

En primer lugar, se presenta la necesidad de **evitar** los viajes innecesarios, reduciendo la necesidad de trasladarse, o reduciendo las distancias en caso de que sea imprescindible hacerlo. Sin embargo, la implementación de medidas de esta naturaleza pueden resultar de especial sensibilidad ya que podrían significar una merma en la actividad y por ende afectar el desarrollo económico y el empleo.

En segundo lugar, los esfuerzos se orientan a **cambiar** hacia modos más amigables con el medio ambiente. En el transporte urbano de pasajeros implica promover el aumento de la participación del transporte público y de los modos no motorizados, y el impulso de medidas activas de desaliento del transporte individual. Para ello será necesario promover el mejoramiento del sistema de transporte público, fortaleciendo preferentemente a los sistemas masivos cuya intensidad en emisiones es menor por pasajero transportado (ferroviario, subterráneo, buses rápidos). En el transporte de cargas significa la transferencia desde el transporte carretero hacia modos con menor intensidad de carbono, como el ferrocarril y el transporte fluvial, y una mayor combinación modal.



En el marco de la Tercera Comunicación Nacional a la Convención Marco de Naciones Unidas de Cambio Climático (2015), se realizó una estimación de la reducción de consumo energético y emisiones generadas por el cambio modal del transporte automotor hacia el transporte ferroviario, tanto en pasajeros como en carga (Barbero et.al. 2015). Si bien las reducciones presentadas en el documento contribuyen a la meta nacional, la participación esperada del ferrocarril en la matriz de transporte es moderada. Ello se debe, entre otras causas, al elevado costo y largo plazo de las obras necesarias para rehabilitar el sistema, la distribución espacial de los orígenes y destinos de las cargas y los requerimientos de la logística moderna; estos factores conllevan a que el transporte automotor continúe teniendo un rol predominante en el sector (Banco Mundial 2010).

En tercer lugar se apunta a **mejorar** la eficiencia del transporte, tanto público como privado. Esto implica incrementar la eficiencia energética de los vehículos, a partir de la introducción de mejoras tecnológicas (deflectores aerodinámicos, eliminación del ralentí <sup>1</sup>, cambios de neumáticos) así como la adopción de buenas prácticas por parte de los operadores (conducción eficiente, mantenimiento de flotas, bolsas de carga).

La mejora en la gestión de la flota y la reducción del consumo de combustibles fósiles en el movimiento de cargas por camión es fundamental, pues se estima que el volumen de los despachos se cuadruplicará para el año 2050 a nivel mundial, superando a las emisiones del transporte urbano en un 250% (ITF 2015). Esto denota la importancia de desarrollar acciones para mitigar el impacto de una mayor actividad del modo carretero.

Adicionalmente, estas acciones permitirán por un lado, aumentar la competitividad de la economía, a partir de una reducción del gasto en combustible, de costos de reparación y de viajes en vacío, contribuyendo a la mejora en el desempeño logístico. Por otro lado, se espera una contribución a la mejora en la calidad de vida, debido a la reducción de la contaminación del aire y el incremento de la seguridad vial, así como la reducción de otras externalidades negativas.

El presente análisis fue motivado por el rol predominante que el modo carretero tiene y continuará teniendo en el transporte de cargas, más allá de las acciones que puedan implementarse para el cambio modal o la reducción de viajes. El objetivo es analizar el potencial de eficiencia energética y de mitigación de emisiones de GEI derivadas de mejoras al interior del modo. Para esto, el documento describe la estructura del sector de Transporte Automotor de Cargas (TAC), identifica las potenciales medidas de mejora de su desempeño (mediante el relevamiento de bibliografía especializada y la revisión de las principales experiencias internacionales, con foco en la región) y realiza una estimación preliminar de los beneficios potenciales asociados a su implementación.

---

<sup>1</sup> El régimen mínimo de revoluciones a las que se ajusta un motor de combustión interna para permanecer en funcionamiento de forma estable.

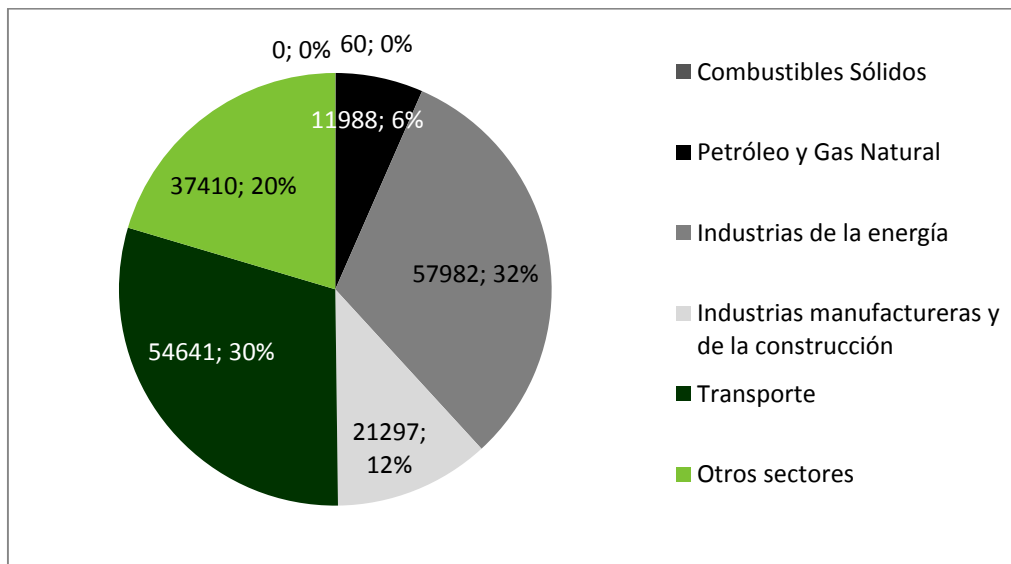
# 1. El sector TAC en la Argentina y emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI)

## 1.1. Contexto geográfico y partición modal

La República Argentina cuenta con el octavo territorio más extenso del mundo, abarcando su sector continental aproximadamente 2,8 millones de kilómetros cuadrados. El Instituto Nacional de Estadística y Censos estima para el año 2016 una población total de 43.590.368 habitantes, mayoritariamente concentrada en ciudades; para el año 2010 ya el 91% de su población vivía en asentamientos urbanos (INDEC, 2015). Esto significa que con sus 15,6 hab/km<sup>2</sup> Argentina ocupa un lugar dentro de los 50 países menos densamente poblados del mundo, siendo necesario cubrir grandes distancias para transportar personas y cargas.

El transporte de cargas del país se caracteriza por el fuerte dominio del modo carretero, lo que representa un desafío energético y ambiental, debido a que consume el 65% de los combustibles fósiles en el país (Secretaría de Energía 2014). A su vez, el sector transporte en su conjunto es responsable del 30% de las emisiones del segmento de energía para el periodo 2010-2012. El 27% de estas corresponde al transporte carretero, y más de la mitad (el 57,3%) específicamente al transporte de cargas por camión (Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación 2015b).

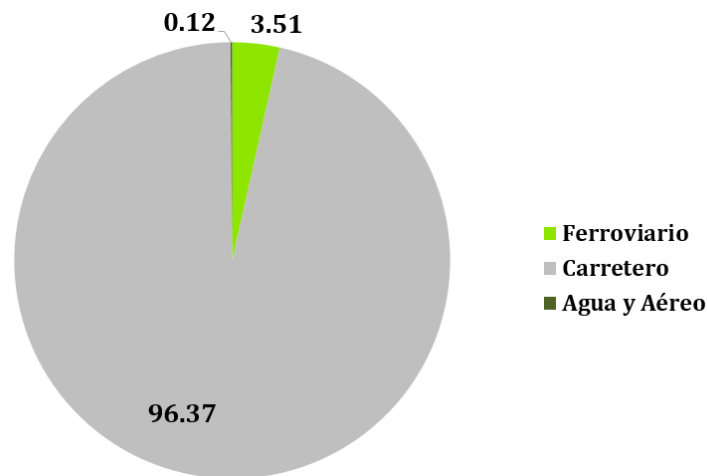
Figura 1 - Emisiones Sector Energía 2012 – en Gg CO<sub>2</sub>eq/año



Fuente: Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sostenible de la Nación 2015b, p1

Desde la década de 1930 el transporte automotor ha aumentado su participación modal, captando volúmenes de carga y pasajeros transportados por otros modos así como nuevos flujos, aprovechando el desarrollo y consolidación de la red vial del país. Recientemente ha sabido acompañar los procesos de expansión de la frontera agrícola (particularmente la expansión de la soja), la tecnificación de las economías regionales y la vinculación regional a través del MERCOSUR, incrementando su rol en los flujos de carga internacionales. Como resultado de este proceso, en la actualidad el TAC concentra más del 95% del total de las cargas transportadas del país (Lliatis y Sanchez 2011) transportando desde materias primas (graneles) e insumos, hasta vehículos, contenedores y otros productos manufacturados de alto valor agregado. Esta concentración se evidencia en cortas y largas distancias y es resultado de un proceso de 80 años de constante crecimiento sectorial.

**Figura 2. Distribución modal de las cargas de larga distancia de cabotaje en Argentina para 2012 (en % de las ton-km)**



Fuente: C3T-Ondat 2014

La evolución del sistema de transporte argentino ha sido reflejo de la evolución de los modelos económicos del país y la adaptación de tecnologías al territorio nacional. A fines del siglo XIX y principios del siglo XX, el ferrocarril constituía el modo dominante asociado al modelo agroexportador, alcanzando su pico a mediados del Siglo XX (UNSAM 2012). Posteriormente, debido al surgimiento de otros modos de transporte y como resultado de políticas en el sector, se produjo un predominio del transporte de cargas por carretera. Durante los últimos 20 años este modo concentró entre el 94% y el 97% del total de las toneladas/kilómetro (C3T, 2013). De acuerdo a la literatura especializada, en su evolución reciente *“El grueso de la carga ferroviaria argentina de los últimos años está compuesta por productos primarios, básicamente granos, que explican un 40% del tráfico total de este modo de transporte. El restante 60% está compuesto por productos de la minería (30%), manufacturas de origen agropecuario (20%) y sólo un 10% por manufacturas de origen industrial”* (Sánchez, 2011).

Respecto al modo fluvial y la actividad portuaria, el comercio exterior es predominante, mientras que la hidrovía, a pesar de su potencial de captación de carga en largas distancias, participa de forma marginal en el transporte de cabotaje. Un caso similar ocurre con el modo aéreo, cuya participación también es marginal en la matriz de cargas. Sin embargo, debido al fomento que se le ha dado a este modo, su importancia se ha incrementado a través de cargas de alto valor.

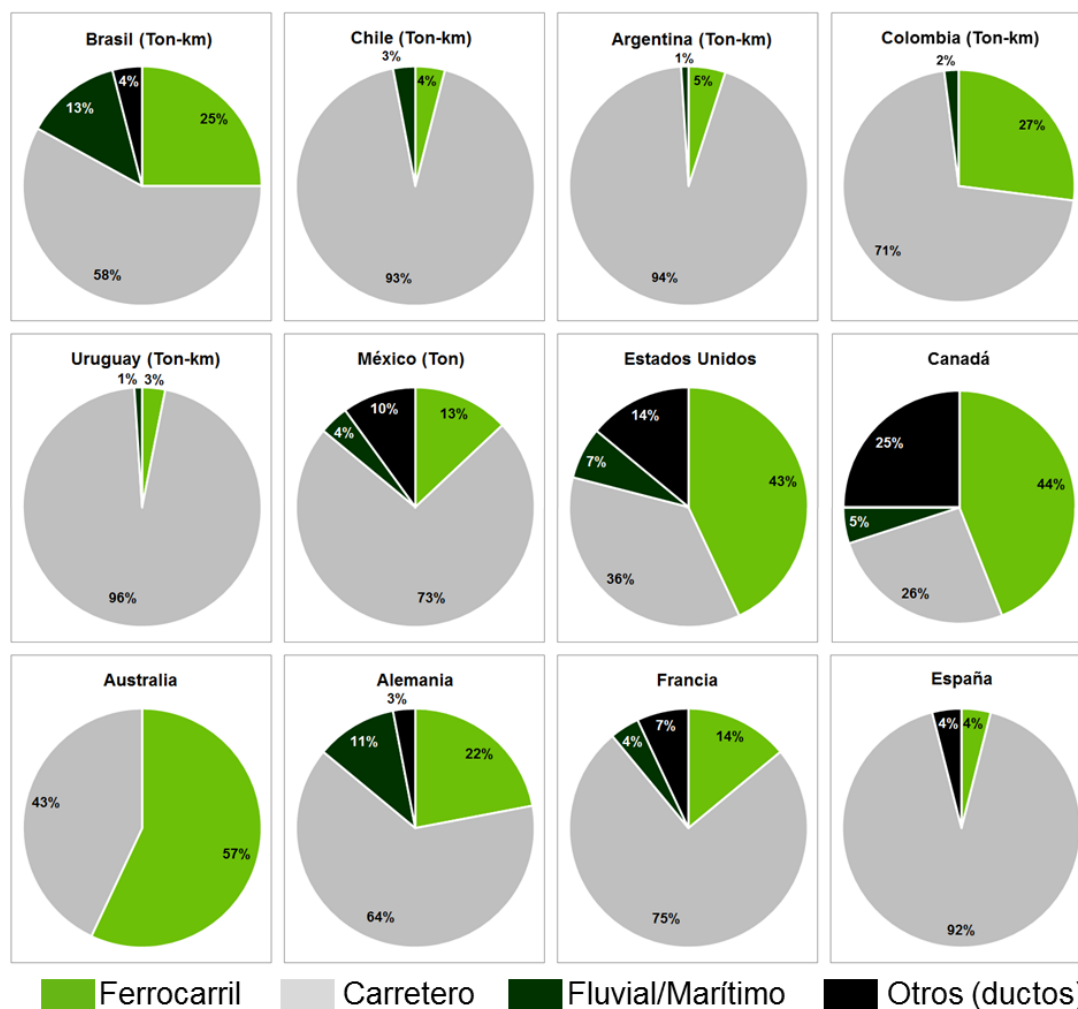
Los párrafos anteriores y la Figura 4 permiten apreciar que a través del modo carretero se transporta la mayor parte de la carga tanto en Argentina como en América Latina. Si bien el camión domina el mercado de cargas en Latinoamérica, es en el cono sur (Chile, Argentina y Uruguay) donde su participación es dominante. Debido al alto consumo de combustible y a las ineficiencias en su operación es, después del transporte aéreo, el modo responsable por la mayor cantidad de generación de emisiones contaminantes y de gases de efecto invernadero (Ver sección 2.4). De ahí la importancia para desarrollar acciones para promover la eficiencia energética y reducir sus emisiones de GEI y contaminantes del aire .

**Tabla 1. Participación Modal del transporte de cargas en un conjunto de países de América Latina**

<i>Modo</i>	<i>Carretero</i>		<i>Ferroviano</i>		<i>Cabotaje Fluvial y Marítimo</i>		<i>Otros</i>	
	<i>ton</i>	<i>ton-km</i>	<i>ton</i>	<i>ton-km</i>	<i>ton</i>	<i>ton-km</i>	<i>ton</i>	<i>ton-km</i>
Brasil	56	58	27	25	13	13	4	4
Chile	93		4		3			
Argentina	94	94	5	5	1	1		
Colombia		71		27		2		
Uruguay		92		3		1		5
México	73	n.d.	13	n.d.	4	n.d.	10	n.d.

Fuente: Barbero 2014, p 12

Figura 3. Distribución modal en países latinoamericanos y otros países seleccionados



Fuente: Elaboración propia con base en Barbero 2014 e ITF 2014

## 1.2. Caracterización del transporte automotor de cargas

El TAC se caracteriza por la diversidad de sus formas empresariales. Incluye pequeños transportistas, cooperativas, asociaciones y empresas con disímil tamaño y grado de formalidad, desde cuentapropistas que operan con un vehículo obsoleto hasta operadores logísticos con modernos equipos (C3T 2007, p 19). A su vez, el sector está compuesto por empresas que cubren grandes distancias y traslados internacionales, junto a aquellas que se encargan de la distribución urbana (última milla). En promedio *“recorren distancias de entre 120.000 y 150.000 km al año, y aproximadamente dos tercios de los mismos son acoplados. Si bien la recuperación económica a partir de 2005 marcó el comienzo de un fuerte proceso de renovación de la flota –en el marco del*

*cual se incorporó tecnología en la operación- en la actualidad aproximadamente el 60% del parque tiene más de 10 años de antigüedad” (Barbero 2011, p 35).*

Debido al rol fundamental del TAC en la movilidad de los graneles secos, el sector está ligado al carácter estacional de la cosecha y, por ende, a soportar picos de demanda. Durante estos períodos en la región pampeana la actividad la desarrollan transportistas locales o de regiones cercanas. Incluso equipos antiguos -con poco mantenimiento, exceso de carga y sin documentación- son utilizados para poder colocar los productos primarios en los puertos y agroindustrias (ITBA 2006; Iriarte, Brieva y Santarelli 2003). Si bien permiten satisfacer la demanda, el uso de dichos vehículos supone mayores consumos de combustible y emisión de GEI, riesgos para la seguridad vial y otras externalidades negativas. La informalidad, además, dificulta establecer registros y datos sobre la actividad (del transporte y del comercio) y limita la disponibilidad de información para establecer políticas de transporte. El elevado porcentaje de viajes de retorno vacíos y la desigual distribución de los equipos en el territorio constituyen desafíos adicionales.

En Argentina estas ineficiencias impactan en el desempeño logístico y representan una amenaza para los productos de pequeñas y medianas industrias, que deben pagar crecientes costos de transporte por los mayores precios de insumos, equipos y combustible (Banco Mundial 2010, p 35) reduciendo la competitividad del país y encareciendo los precios de los bienes de consumo.

Desde 1990, el transporte interurbano de cargas se ha incrementado un 140%, creciendo de 110.000 a 285.000 millones de ton/km entre 1993 y 2010. Este aumento es explicado tanto por mayores volúmenes de carga como por las mayores distancias recorridas. En el mismo período crecieron también los valores de las exportaciones argentinas, el total cosechado, el parque automotor y los flujos sobre la red vial (Agosta 2010, citado en Barbero 2011, p 33; Banco Mundial 2010). Los flujos de tránsito terrestre sobre rutas nacionales experimentaron un crecimiento constante desde 1990, sólo interrumpido por un decrecimiento entre los años 1999 y 2002. Los mayores volúmenes de cargas se explican por una creciente tecnificación del agro (que introdujo el paquete tecnológico de los organismos genéticamente modificados). El aumento del cultivo de soja en el país, incentivado por los precios internacionales y los menores requerimientos agroecológicos para su cultivo, significó mayores rindes por hectárea y la incorporación de nuevas tierras a la producción (Viglizzo y Jobbagy 2010). Esto incrementó tanto la producción total como la distancia media recorrida por medio del TAC. Esta tendencia no se restringe al sector de cereales y oleaginosas, sino que es compartida por otros complejos productivos provinciales.

Por fuera del sector primario, la incipiente descentralización de actividades fabriles y la dinámica creciente de algunas economías regionales han generado una estructura policéntrica, liderada por la franja litoral ubicada entre Rosario y La Plata. Entre este territorio y los demás centros de producción y consumo se establecen corredores de carga, principalmente sobre rutas nacionales, siendo el transporte de cereales y oleaginosas, junto con un creciente tránsito internacional de carga en contenedores y los productos de la construcción los sub-sectores más dinámicos. Sin

embargo la polarización modal en favor del TAC es causante de des-economías e ineficiencias logísticas al ejercer presiones sobre la infraestructura vial, principalmente en tramos que concentran flujos de personas y cargas en torno a los principales ciudades, pasos fronterizos y complejos portuarios del país.

Por su distancia a los centros de exportación y consumo, la región del NOA se encuentra en una particular desventaja logística. Si bien el costo del flete aumenta con la distancia tanto en el NOA como en el resto del país, el transporte de productos mineros, agropecuarios y combustibles implica para esta región costos logísticos superiores a los de cualquier otra, en una proporción estimada del 50% (Banco Mundial, 2006). La ausencia de grandes centros de consumo intrarregionales distorsiona las capacidades logísticas del NOA ya que los flujos de carga se realizan en dirección Norte-Sur (Banco Mundial 2010, p 43).

Lakshmanan (2002) afirma que *“Contar con un sistema de transporte eficiente es una condición necesaria para aumentar las posibilidades de los países en desarrollo de acceder a los beneficios de la globalización”*. Para ello, resulta necesario poseer datos en calidad y disponibilidad adecuada para mejorar la solidez del proceso de toma de decisiones, tanto en el ámbito público como en el privado (Barbero y Uechi 2013). En particular, para el TAC la calidad y disponibilidad de los datos recabados varía según el tipo de atributo. Sobre la composición del parque automotor, los precios y el nivel de actividad se cuenta con información, aunque de calidad deficiente. Los datos referidos al consumo de combustible y emisiones, en cambio, resultan insuficientes pero de buena calidad. Esta variabilidad en la calidad y disponibilidad de datos de transporte se presenta tanto en Argentina como en el resto de los países de América Latina. La importancia económica del sector y los beneficios esperados<sup>2</sup> de adoptar las recomendaciones vertidas en dicho estudio –entre las que se destacan procesar datos ya obtenidos, crear observatorios de transporte y aplicar protocolos comunes, entre otros- instan a fomentar estos cambios (Barbero y Uechi, 2013).

Esta falta de consistencia y sistematización de la información del sector transporte constituye uno de los primeros aspectos a atender para el diseño e implementación de la nueva generación de políticas orientadas a la consecución de los Objetivos del Desarrollo Sostenible (ODS), la eficiencia energética y la mitigación del cambio climático. Para la realización de las estimaciones de impactos en términos de beneficios en ahorros por eficiencia energética potenciales derivados de la adopción de las medidas presentadas en este estudio, se ha realizado una estimación de la composición y proyección de la flota del transporte automotor de cargas, considerando los datos disponibles y las experiencias de otros países de la región.

---

<sup>2</sup> Permitiría construir modelos para la estimación, gestión y planificación de la actividad y, al mismo tiempo, generar medidas correctivas que aumenten el desempeño logístico del país

### 1.3. *La flota dedicada al transporte automotor carretero en Argentina*

La información referida a las características del parque automotor carretero de cargas presenta carencias, a pesar de la mejora en la situación que significó la implementación de la revisión técnica obligatoria (RTO) y la puesta en funcionamiento del Registro Único del Transporte Automotor (RUTA), aún no se ha logrado la inscripción de la mayoría de las unidades que deberían hacerlo (C3T 2007). Adicionalmente, estos dos registros, el RUTA y el que surge de la RTO, no se encuentran disponibles por lo que no resultó posible su utilización como fuente de información para el presente estudio.

Respecto a las estadísticas disponibles, se analizó la información de la Dirección Nacional de los Registros de la Propiedad del Automotor y de Créditos Prendarios de la República Argentina (DNRPA) que registra los datos de ventas del sector automotor, así como también la evolución del parque elaborado por la Asociación de Fábricas de Automotores (ADEFA)<sup>3</sup>.

Los valores allí disponibles detallan la evolución total de vehículos comercializados (inscripciones) por año, lo cual permite estimar las ventas anuales totales, sin embargo, no se considera la baja de vehículos, es decir los que se retiran del servicio. Por lo tanto, la principal falencia es la sobreestimación de la flota, dado que acumulan los vehículos registrados a lo largo de los años y no los que se encuentran en circulación.

En los registros de DNRPA, existe para algunos períodos de tiempo desagregación por tipo de vehículo, lo cual no es continuo ni uniforme a lo largo de los años. Para períodos más recientes, la desagregación fue modificada lo cual ha dificultado aún más el análisis.

Otra problemática presente identificada, la cual podría ser también resultado de la falta de información disponible y de calidad, es que no se dispone de estudios académicos recientes que realicen estimaciones sobre la flota dedicada a TAC.

La excepción a este punto es el documento “El Transporte Automotor de Cargas en la Argentina” elaborado por el Centro Tecnológico de Transporte, Tránsito y Seguridad Vial de la UTN, que data de 2007<sup>4</sup>. Este trabajo realiza un análisis profundo del sector respecto a la estructura, su aporte a la economía, y la configuración y antigüedad de la flota, entre otras cuestiones.

De acuerdo a este documento, la flota de transporte automotor de cargas para el año 2005 es de 670.580 vehículos, los cuales se distribuyen en 4 categorías según el siguiente detalle:

---

<sup>3</sup> Disponibles en ONDat.

<sup>4</sup> Los datos utilizados para la flota son de 2005, es decir tienen más de 10 años.



Tabla 2. Composición de la flota de transporte carretero de cargas - año 2005

<i>Tipo de equipo</i>	<i>Flota</i>
Camiones	528.918
Tracto-camiones	35.963
Acoplados-remolques	62.578
Semi-remolques	43.121

Fuente: UTN 2007

Como resultado de esta distribución por tipo de equipo, los camiones tienen una participación cercana al 79%, los Tracto-Camiones 5,4%, los Acoplados el 9,3% y los Semi-Remolques el 6,4%.

Debido a las falencias, inconsistencias y heterogeneidad de la información mencionada, se consideró pertinente utilizar la flota detallada en el documento de 2007 porque permite sentar las bases de las estimaciones de reducción de emisiones sobre una estructura del sector bien definida. Por consiguiente se toman en cuenta 564.881 vehículos para el año 2015 (camiones y tracto-camiones).

Finalmente, para distribuir los vehículos entre aquellos con menos y más de 15 años de antigüedad, se utilizó la participación de la flota ocupada para servicio a terceros (186.755 vehículos) como aquella más moderna (menos de 15 años), y la que es de transporte propio (378.126 vehículos) utilizando equipos de una antigüedad promedio mayor a los 15 años.

Esto se sustenta en el resultado destacado por el documento que indica que en promedio los vehículos de carga que prestan servicio a terceros tienen una antigüedad promedio cercana a los 10 años y aquellos que son propiedad de los generadores de carga superan en promedio los 18 años.

#### 1.4. *Consumo energético y emisiones del sector TAC en Argentina*

La adecuada disponibilidad de datos referidos a los consumos de energía y emisiones de GEI tiene una importancia creciente para el país. Las principales razones son:

- a) La República Argentina, de acuerdo a sus compromisos asumidos en materia de cambio climático en el plano internacional, debe reportar periódicamente el avance en la reducción de los GEI (objetivos de la convención) para lo cual es necesario mejorar el conocimiento del sector. Asimismo, de acuerdo a lo establecido en el Acuerdo de París (en la Conferencia de las Partes 21), la Argentina se comprometió a una reducción de emisiones de un 15% para el año 2030, con un 15% adicional sujeto a acceso a recursos

financieros, así como a revisar e incrementar la ambición de su contribución nacional presentada.

- b) Conocer el consumo de combustible del sector y su potencial ahorro tendría un beneficio macroeconómico, al reducir la importación de crudo y gas natural licuado (GNL) y por lo tanto mejorar la balanza comercial nacional y aliviar el déficit fiscal.
- c) Minimizar el consumo atenuaría la elevada participación del combustible como componente del costo logístico, permitiendo mejorar la competitividad del sector.

Como se mencionó anteriormente, la falta en la desagregación de datos es una limitante importante para todo tipo de estudio. Es posible inferir los consumos mediante ventas de combustible y emisiones provistas por los fabricantes de equipos, pero esta metodología genera incertidumbres importantes, pues se requiere contrastar y validar dicha información con otros datos de la actividad<sup>5</sup>. Se cuenta con datos agregados de consumo, pero no con datos discriminados por tipo de vehículo, antigüedad de la flota o ciclo de movimiento (Barbero y Uechi 2013).

#### *a) Emisiones de Gases de Efecto Invernadero*

En la Tercera Comunicación Nacional de la República Argentina a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, se determina que entre 1990 y 2012 las emisiones de GEI ha aumentado un 84%. Esto supone un aumento similar en el consumo de hidrocarburos del sector energía, ya que la matriz energética nacional depende en aproximadamente en 85% del petróleo y el gas natural (Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación 2015b, p 10-11).

El sector energía representa poco más del 50% de las emisiones totales del país. Al interior de éste, la categoría transporte aportó en 2012 el 30% de las emisiones de CO<sub>2</sub> equivalente y contribuyó significativamente a las emisiones totales de NO<sub>x</sub>, CO y COVNM. Esto representa en valores absolutos una emisión a la atmósfera de 54.641 Gg de CO<sub>2</sub> equivalente al año, siendo el total del sector energía poco menos de 180.000 Gg de CO<sub>2</sub> equivalente (SAyDS 2015b). La categoría transporte a su vez, contiene dos de las cinco principales fuentes de emisiones del sector energía: el transporte carretero privado que consume naftas y el transporte carretero de cargas privado que consume gasoil.

#### *b) Consumo de energía y combustibles*

---

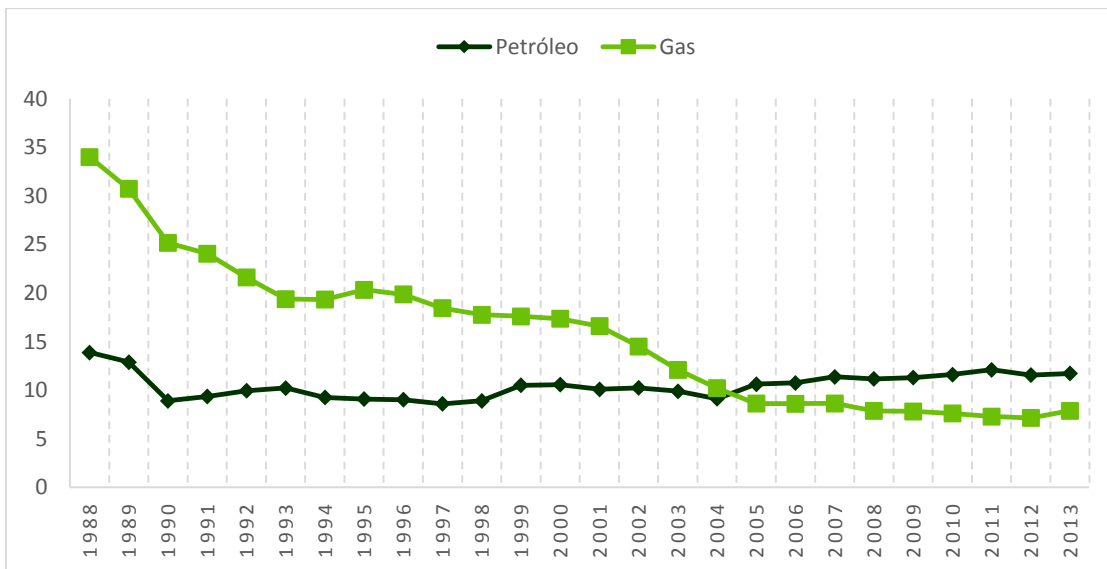
<sup>5</sup> Según C. Huizenga (2010): "Es difícil determinar si, para calcular las emisiones de GEI derivadas del transporte, los países ajustaron la cifra de consumo de combustible sobre la base de los kilómetros recorridos"

La trayectoria de las emisiones tiene relación directa con el consumo de gasoil del transporte terrestre de cargas, estimado en 4.957 Mt para 2012. El sub-sector ferroviario es responsable de 1,4% de este consumo (69.143 t) y el transporte carretero del 98,6% restante (4.887.965 t).

La quema de combustibles fósiles no solo tiene impactos ambientales, sino también económicos; que se evidencian en la balanza comercial argentina y en el Presupuesto General de la Administración Nacional. Entre 2010 y 2015 se destinaron cerca de USD 45.000 millones para la importación de diversos hidrocarburos. De ellos, el gasoil (en todas sus formas) representó el 38,2% de los gastos del quinquenio, sólo superado por las importaciones de Gas Natural y Gas Natural Licuado (con el 48,3% del total).

Lo anterior evidencia la dependencia del sector hacia los combustibles fósiles, situación que requiere atención inmediata frente al horizonte de reservas en el país. Como se puede ver a continuación, bajo el nivel actual de producción de hidrocarburos (r/p), solo se dispondría de 11,7 años de reservas para petróleo y 7,9 años para gas natural. Este valor se ha mantenido constante durante los últimos 8 años, demostrando que los depósitos hallados en este periodo no han tenido una magnitud significativa.

**Figura 4. Evolución del horizonte de reservas de hidrocarburos (1988 – 2013)**

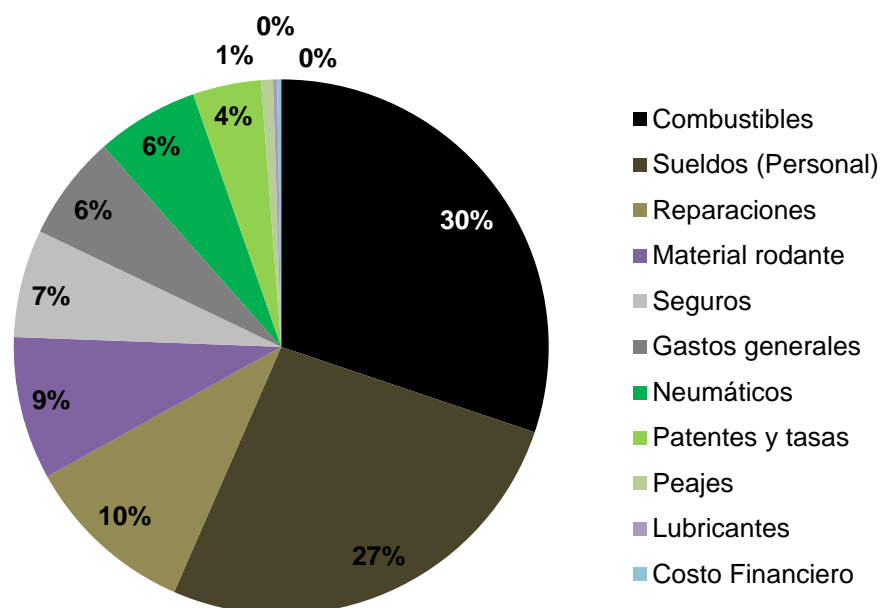


Fuente: Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sostenible de la Nación 2015a, p 48

c) Participación del combustible como componente del costo logístico

Los expertos<sup>6</sup> incluyen como componentes del costo logístico al combustible, lubricantes, neumáticos, mantenimiento, peajes, sueldos, material rodante, seguros, patentes y tasas, gastos generales y costo financiero. A septiembre de 2014 el combustible se identificaba como el componente con mayor incidencia (30%), seguido de los gastos en personal (27%), reparaciones (10%) y material rodante (9%); explicando en forma conjunta 76% de costo total (CATAC 2014). Aunque en aquellas empresas de distribución urbana el combustible es reemplazado por el gasto en personal (C3T 2007).

**Figura 5. Estructura del costo logístico para el transporte de cargas de larga distancia (Año 2014 – CATAC / FADEEAC)**



Fuente: Confederación Argentina del Transporte Automotor de Cargas 2014

<sup>6</sup> Universidad Tecnológica Nacional, FADEEAC y CEDOL.

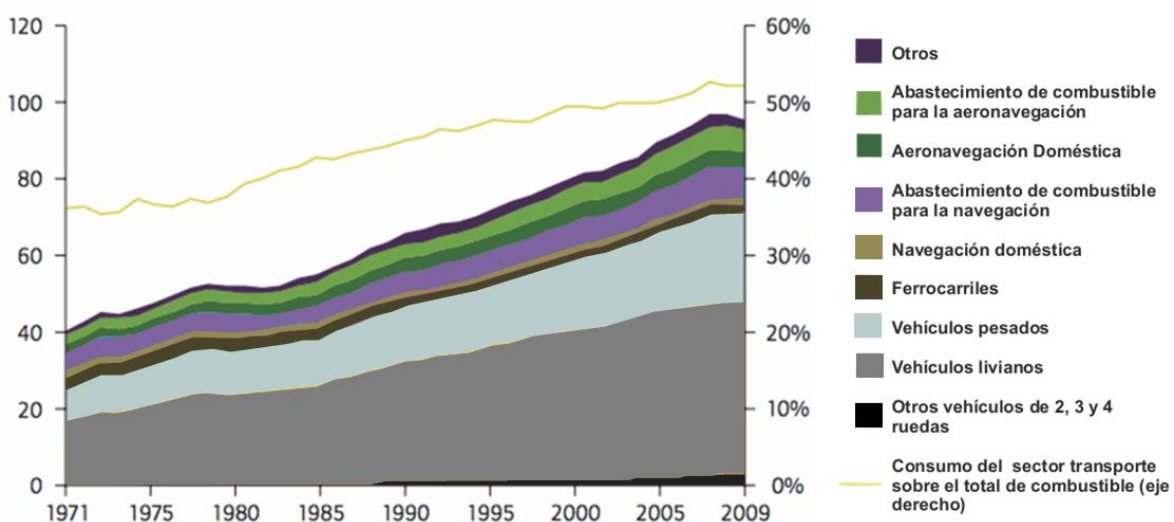
## 2. Identificación y descripción de posibles medidas de mitigación

### 2.1. ¿Por qué promover la eficiencia energética y reducir las emisiones de GEI?

Existe un potencial importante para la reducción del consumo de combustible y de emisiones de GEI en el segmento del transporte de cargas por carretera, de bajo costo y con importantes beneficios para el desempeño e impacto del sector. Como se observó anteriormente, el transporte por carretera representa más del 90% del movimiento de cargas en el país, situación similar a muchos países de la Región. Es necesaria una estrategia para incrementar la eficiencia energética en el transporte carretero de cargas en la Argentina para consolidar su papel en el comercio doméstico e internacional, sin afectar la economía nacional vía subsidios a los combustibles y sin representar una barrera para el cumplimiento de las Contribuciones Nacionalmente Determinadas (INDCs).

Como se muestra en la Figura 6, los vehículos destinados al transporte de cargas (livianos utilitarios y pesados) son los que consumen la mayor proporción de energía del total del sector transporte. De aquí que este segmento sea la segunda fuente de emisiones de GEI en el país, sólo por detrás de la conversión de bosques y otras tierras en áreas productivas (SAyDS 2015c, p 8). Sin embargo, la práctica muestra un sesgo hacia la promoción de medidas de eficiencia energética para reducir las emisiones en el transporte urbano de pasajeros. Como ejemplo de esto se observa que del total de 30 proyectos de transporte registrados en el Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL) tan solo uno corresponde al segmento de transporte de carga (UNFCCC 2016).

Figura 6. Uso de la energía en el sector transporte por modo 1971-2009



Fuente: Internacional Energy Agency 2012

Es así como las estrategias de eficiencia energética en el transporte carretero de cargas (vehículos pesados y livianos) presentan un potencial importante para desacoplar el consumo energético y las emisiones de GEI del sector del crecimiento de la actividad.

Lo anterior es especialmente importante en el contexto de las negociaciones internacionales. En 2015, en el marco de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC), se adoptó el Acuerdo de París, en el que los países presentaron sus Contribuciones Nacionalmente Determinadas– INDC (por sus siglas en inglés), las cuales son metas de reducción de emisiones elaboradas de manera autónoma y ambiciosa. Las características más importantes de este acuerdo son: (i) todos los países deben presentar INDC (en Kioto solo correspondía a los desarrollados), y (ii) la sumatoria de todas las INDC deben llevar a un aumento de la temperatura inferior a los 2°C, (o 1,5°C). Es importante resaltar que aunque la entradas en vigencia de las metas es a 2020, se espera preparar una nueva ronda de contribuciones más ambiciosas a 2030, y bajo este misma lógica hasta 2100, el cual es el horizonte del acuerdo de París.

En este sentido es importante determinar aquellos sectores con mayor potencial de reducción de emisiones a fin de dar cumplimiento a los compromisos del acuerdo. Los países más desarrollados han identificado el potencial de la innovación tecnológica para incrementar la eficiencia del sector transporte, logrando disminuir progresivamente el consumo energético por kilómetro recorrido. En contraste, los países en desarrollo han incrementado el volumen de viajes (tanto para pasajeros como de cargas), así como la ineficiencia energética del sector. Esta diferencia de comportamientos se muestra en la siguiente gráfica expresada en litros de gasolina equivalente (LGE) por cada 100 kilómetros:

**Tabla 3. Estado mundial de la economía del combustible (LGE/100 km)**

<i>Promedio</i>	<i>2005</i>	<i>2008</i>	<i>Diferencia 2005-2008</i>
Países OCDE	8,21	7,66	-2,1%
Resto de los países	7,49	7,68	0,3%
Global	8,07	7,67	-1,7%

Fuente: International Energy Agency 2012

De acuerdo un estudio del Banco Mundial (s.f.), históricamente los nuevos camiones han tenido una mejora de eficiencia energética a una razón de 1% anual en los países de la OCDE. El consumo de combustible de los nuevos camiones en Europa y Norteamérica ha disminuido los últimos 30 años, pasando de 50 litros/100 km a 30-35 litros/100 km, mientras que la potencia de los motores se ha duplicado, pasando de 180 kW a 360 kW (OCDE 2011 citado en Banco Mundial s.f.).

## 2.2. *Medidas para reducir el consumo energético en el transporte carretero de cargas*

El consumo de combustible en los camiones está determinado por diversos factores, tales como el proceso de combustión (al transformar la energía química del combustible en energía calorífica, y posteriormente en energía mecánica), por la configuración física propia de los camiones, las características del medio en que se desplaza, por la calidad y frecuencia del mantenimiento, por el tipo de motor y combustible usado, por la gestión de operación de las flotas, entre otros.

A continuación, se detallan las principales medidas, identificadas a partir de una revisión de casos internacionales, para reducir las emisiones de GEI derivadas del consumo energético en el transporte carretero de cargas. Los principales tipos de medidas son:

### 2.2.1. *Chatarrización de vehículos antiguos (desguace)*

La renovación de motores ofrece reducciones inmediatas de ruido, consumo de combustible y emisiones por el hecho de acceder a una mejor tecnología del proceso de combustión. Aunque en la Argentina los programas de renovación implementados hasta el momento no han sido tan exitosos como se esperaban, podría existir una oportunidad para su reformulación. Para esto se debería realizar una evaluación *ex post* de los programas implementados hasta el momento y así identificar las causas que condicionaron su éxito. Adicionalmente, pueden analizarse los planes de renovación de países con condiciones similares como por ejemplo en Colombia, donde el último programa de chatarrización ha resultado con un desempeño exitoso.

El reemplazo de un camión viejo por uno nuevo generaría ahorro energético, suponiendo que el nuevo es más eficiente que el viejo. Estudios en Europa han demostrado que al reemplazar un camión de 20 años o más, por un camión que cumple estándares EURO 1 se puede mejorar la eficiencia del combustible entre el 10 y 20%, suponiendo una reducción de GEI y PM cerca del 30 a 60% (Banco Mundial n.d.).<sup>7</sup> Los expertos consultados aseguran que dicho ahorro energético podría llegar al 30% o más, si los camiones nuevos incorporan nuevas tecnologías que ya se encuentran disponibles en el mercado. Estas tecnologías se analizarán con detalle en la sección de *retrofits*.

### 2.2.2. *Mejora de la eficiencia de la flota de mediana edad*

---

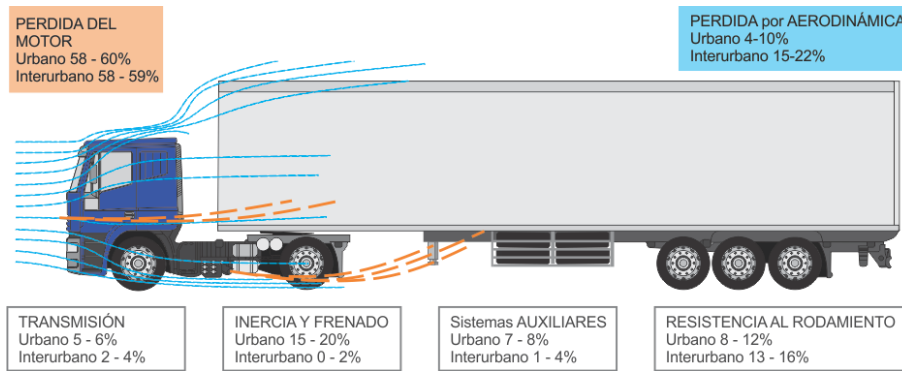
<sup>7</sup> Cabe destacar que en Argentina se están comercializando vehículos que cumplen el estándar Euro 5.

Esta sección se refiere a camiones de mediana edad, entre 5 y 15 años, los cuales por ser más nuevos son *per se* más eficientes<sup>8</sup>, tienen una considerable vida útil remanente y valor de reventa. Sin embargo, muchos de ellos no han sido fabricados ni operados considerando el ahorro de combustible, resultando en pérdidas de energía a lo largo de los viajes realizados. Estas ineficiencias podrían ser recuperadas a través de opciones tecnológicas o de comportamiento, de fácil acceso y aplicación para los propietarios y operadores de esos camiones.

### a) Modernizaciones (Retrofits)

Como se mencionó anteriormente, el consumo de combustible en los camiones promedio está dado no sólo por el proceso de combustión, sino también por las pérdidas de energía resultantes de su operación en un medio real. Las causas de estas pérdidas se presentan a continuación:

**Figura 7. Rango porcentual de pérdida de energía de un camión clase 8 en funcionamiento en carretera sin pendiente**



Fuente: NAP 2010

Se ha demostrado que hay un potencial significativo de mejoras en la eficiencia energética en el corto plazo (estimadas en 10% o más) (Banco Mundial n.d.), para camiones promedio de mediana edad gracias a modestas reformas en motores, aerodinámica de cabinas y remolques, transmisiones, neumáticos y sistemas auxiliares (como ventiladores, aire acondicionado, entre otros).

La tabla 3 resume algunas de las principales tecnologías que se han adoptado en Estados Unidos y que se encuentran disponibles en el mercado, con su respectivo potencial de reducción de combustible:

<sup>8</sup> Esto no sucede para algunos modelos chinos, los cuales a pesar de ser más nuevos, consumen más combustibles siendo más ineficientes.



**Tabla 4. Matriz de tecnologías para reducción de consumo de combustible en vehículos pesados en Estados Unidos**

<i>Área</i>	<i>Medida</i>	<i>Rango de potencial ahorro (%)</i>	
<b>Reducción de resistencia a la rodadura</b>	Tracción sencilla de base ancha	5	10
	Neumáticos de bajo CRR	1	5
<b>Tractor aerodinámico</b>	Deflector cabina de día	4	7
	Deflector cabina de noche	7	10
	Cubierta de chasis	3	4
	Parachoques, espejos, etc.	5	
<b>Tractor-remolque</b>	Extensión de cabina	2	4
<b>Remolque aerodinámico</b>	Faldón para la base del remolque	5,6	7,5
	Cubiertas traseras	2,9	5
	Deflectores frontales	2	4
	Estabilizadores de vórtice	1	
	Paneles cubre ruedas	1	
<b>Equipos auxiliares</b>	Recuperación de calor residual ( <i>rankine</i> )	1,5	10
	Unidades auxiliares de energía	1	4,5
<b>Eliminación del ralentí</b>	Encendido y apagado automático	5	10
	Unidades auxiliares de energía	1	4,5
	Calentadores a base de combustible	1,3	2,3
<b>Conducción eficiente</b>	Capacitaciones	8	15

Fuente: Elaboración propia

Estas tecnologías se describen a continuación:

*b) Tecnologías para reducir la resistencia a la rodadura (mejores neumáticos)*

La resistencia al rodamiento se refiere al aplanamiento y fricción del neumático cuando rueda (IEA 2012). Esta representa un tercio de la fuerza requerida para impulsar un camión de carga a velocidad de autopista en vías planas (Bradley and Nelson 2009 & Kenworth 2008 citado en NAP 2010), de ahí la importancia de su reducción.

Se ha encontrado que esta fuerza de resistencia es casi proporcional a la carga en el neumático, y por tanto se definió un coeficiente de resistencia (NAP 2010). Este coeficiente es conocido como CRR y se mide en ensayos de laboratorio bajo la norma ISO 28580, que se aplica tanto en Estados

Unidos, como en la Unión Europea. El CRR de una rueda está determinado por su material, geometría y fabricación (Michelin 2003) con el objetivo de que la resistencia de rodadura sea baja, pero sin perjudicar apreciablemente la distancia de frenado y el agarre del vehículo.

Además del efecto de inflado (unos neumáticos más inflados tienen menor CRR), algunos materiales y diseños tienen menor resistencia. Algunos vehículos vienen con neumáticos con muy bajo CRR, ya que los fabricantes se benefician de esto en las pruebas de economía de combustible; la situación es muy diferente en el mercado de reemplazo de neumáticos, donde típicamente el CRR es mucho más alto (IEA 2012).

El cambio de neumáticos es una medida de fácil implementación, pues no requiere ninguna reforma adicional en el vehículo. El potencial de ahorro depende del estado actual de los neumáticos en uso, las características de los modelos disponibles en el mercado y de las futuras mejoras.

Para efectos del presente estudio se analizarán dos alternativas:

i. *Nueva generación de neumáticos de tracción sencilla de base ancha*

Un neumático de tracción sencilla de base ancha reemplaza a dos neumáticos tradicionales duales (Michelin truck n.d.). En condiciones típicas de uso, los neumáticos convencionales duales tienen CRR que varían de 5 a 8 kg/T, mientras que un neumático de tracción sencilla de base ancha tiene un CRR que varía de 4 a 5 kg/T (NAP 2010).

Los ahorros de combustible por un neumático de tracción simple de base ancha no solo se dan por la reducción de la resistencia a la rodadura, sino que al reemplazar dos neumáticos más pesados por uno, se elimina peso en el camión. Este ahorro es cercano a los 340 kg en una combinación típica para camión-tractor (NAP 2010). De aquí que, la potencia requerida para mover el vehículo sea menor, reduciendo el consumo energético, o de otra forma, el peso ahorrado en la eliminación de neumáticos abre espacio para un incremento en la carga, conduciendo a una eficiencia en el transporte de cargas.

Esta medida puede entregar mejoras de economía de combustible cercanas al 10% para camiones combinados, con base en modelaciones y estudios en condiciones reales realizadas en los Estados Unidos (LaClair, 2005 & Capps et al. 2008 citado en NAP 2010 & Michelin truck n.d.).

Debido a que estos neumáticos no se encuentran disponibles en el mercado para todos los tamaños, y a que algunos camiones requieren de neumáticos especializados para condiciones específicas (lodo, nieve), la literatura estima que cerca del 10% de los vehículos en circulación requerirán el uso de neumáticos convencionales de configuración dual de alto CRR (NAP 2010).

ii. *Neumáticos de bajo Coeficiente de Resistencia al Rodamiento (CRR)*

El caucho es un polímero con un comportamiento mecánico viscoelástico, es decir que recupera su forma después de un esfuerzo aplicado, pero al presentar una deformación de mayor magnitud que un material elástico, requiere de mayor energía para volver a sus estado inicial. Por tanto, el material de refuerzo es clave para reducir este comportamiento y hacer que el neumático sea lo más elástico posible, con el propósito de perder la menor cantidad de energía. Típicamente, estos refuerzos o armaduras pueden ser metálicas o de textil, siendo la metálica una opción de mayor resistencia.

El material de la banda de rodadura no es menos importante. Al igual que en el neumático, se debe tratar de eliminar lo más posible el comportamiento viscoelástico en la banda. Para esto, se agregan aditivos al caucho vulcanizado (natural o sintético), son negro de humo (pequeñas partículas de carbono generadas por la combustión de resinas) y sílice (Michelin 2003).

Con respecto a la geometría, el dibujo de la cubierta es el factor clave. La altura de los testigos del dibujo determinan la capacidad de evacuar agua cuando se circula en pavimento húmedo, la capacidad de agarre del neumático y el vehículo al suelo, pero también la resistencia a la rodadura (CRR). Como se mencionó arriba, el caucho es un material viscoelástico y por tanto, un dibujo más pronunciado exacerbaría las características de ese comportamiento del neumático.

**Tabla 5. Países que han establecido un sistema de etiquetado de neumáticos**

<i>País / Región</i>	<i>Sello</i>	<i>Información que reporta</i>	<i>Obligatoriedad</i>	<i>Vehículos</i>
 Unión Europea	<b>(EC)</b> No 1222/2009	Seguridad y eficiencia de llantas: resistencia a la rodadura (CRR), eficacia de frenado, nivel de ruido de rodadura	Obligatoria para todos los fabricantes abasteciendo o vendiendo llantas en la zona de la Unión Europea	Llantas C1, C2 y C3 (tanto automóviles, como camiones)
 Corea del Sur	<b>Tyre efficiency rating system of Korea</b>	Resistencia al rodamiento (CRR) Adherencia en superficie húmeda	Voluntario en 2011 Obligatorio en 2012	Automóviles Camiones pequeños
 Brasil	<b>Reg. 544 Ministerio de Desarrollo, Industria y Comercio internacional.</b>	Durabilidad, resistencia al rodamiento, adherencia en superficie húmeda, nivel de ruido de rodadura.	Obligatorio a partir de 2012	Motos, motonetas, ciclomotores, automóviles, vehículos de uso mixto, vehículos comerciales y utilitarios livianos.
 Japón	<b>Voluntary tyre-labelling program</b>	Resistencia al rodamiento (CRR) y adherencia en superficie húmeda	Voluntario a partir de 2010	Automóviles de pasajeros, pero las pruebas de CRR son aplicables también a camiones y buses.
 Estados Unidos	<b>U.S. Tyre labelling regulation (aún en definición)</b>	Resistencia al rodamiento (CRR) Tracción en Superficie Húmeda Durabilidad	Prueba adoptada en 2010, regulación aún en definición	En definición

Fuente: Albeniz Tyre Labelling 2016

Sin embargo, los neumáticos de bajo CRR no se consideran seguros ni adecuados para condiciones extremas (por ejemplo nieve o humedad), pues los dibujos poco profundos y los neumáticos rígidos que generan un bajo CRR no son adecuados para evacuar el agua, ni para generar agarre en condiciones de nieve.

Los neumáticos de baja resistencia a la rodadura pueden incrementar la eficiencia de combustible entre 1 - 5% a un costo adicional muy bajo (IEA 2012).

Con el propósito de proveer información al consumidor sobre el desempeño y la eficiencia energética de los neumáticos y así permitirles comparar entre diferentes modelos, algunos países han expedido reglamentaciones sobre etiquetado de neumáticos (ver tabla 4)

De acuerdo a la información de la tabla, es posible concluir que los modelos más convenientes para el sector TAC en Argentina son, el Europeo por aplicar a camiones, o una modificación del sistema Brasileiro (teniendo en cuenta la penetración del mercado Brasileiro de autopartes en Argentina), incluyendo los ensayos y las normas para los camiones de más de 60 toneladas. Este tipo de estándar puede implementarse gradualmente, de forma voluntaria en un comienzo o bajo algún tipo de incentivo fiscal o financiero.

### *c) Tecnologías para reducir la resistencia aerodinámica*

La resistencia aerodinámica se refiere a las fuerzas que se oponen al movimiento del vehículo a través del aire (NAP 2010). La medida estándar para comparar pérdidas aerodinámicas es el Coeficiente de arrastre  $C_d$ <sup>9</sup>. Sin embargo, para el caso de los vehículos de carga, esta fuerza no solo depende del  $C_d$ , sino también del área transversal del frente del camión (A), y del cubo de la velocidad ( $V^3$ ) con la que el aire pasa sobre el camión (OECD 2011).

#### **Ecuación 1. Resistencia aerodinámica**

$$\text{Resistencia aerodinámica} = C_d * A * V^3$$

Si se asume que las dimensiones y la velocidad son fijas (por ejemplo por regulación), el único parámetro que se puede mejorar es el coeficiente aerodinámico (OECD 2011). Esta fuerza tiene mayor incidencia en velocidades altas<sup>10</sup>, por tanto las mejoras para minimizar el  $C_d$  son más convenientes en la larga distancia (IEA 2012).

#### **Tabla 6. Valores típicos de Coeficiente de arrastre en diferentes tipos de vehículos**

---

<sup>9</sup> El método típico para medir este coeficiente es el túnel de viento.

<sup>10</sup> El arrastre aerodinámico se vuelve insignificante en velocidades bajas

<i>Tipo de vehículo automotor</i>	<i>C<sub>d</sub></i>
Camiones mosquito, jaulas, bultos	0.95
Remolque doble y triple plataformas	0.85
Camiones con algunas mejoras aerodinámicas	0.68
Camiones aerodinámicos con remolques redondeados	0.6 – 0.65
SUV	0.4 - 0.5
Automóviles nuevos	0.3 - 0.34

Fuente: Elaboración propia con base en NAP 2010 y Osorio 2015

Como se mencionó anteriormente, los ahorros de combustible derivados de la reducción del arrastre aerodinámico son significativos en la larga distancia; entre más kilómetros recorra el vehículo, más combustible ahorrará (NAP 2010).

**Figura 8. Posibles mejoras aerodinámicas en un vehículo pesado**



- |   |  |
|---|--|
| 1 - Mejora aerodinámica del capó/parrilla | 5 - Deflector lateral - Extensión de la cabina |
| 2 - Paragolpes aerodinámicos              | 6 - Pontón lateral de chasis                   |
| 3 - Espejos retrovisores aerodinámicos    | 7 - Pontón lateral del tráiler                 |
| 4 - Deflector superior                    | 8 - Estabilizador de vórtice                   |

Fuente: elaboración propia con base en NAP 2010 y EPA 2016

Existen tres secciones de la combinación tractor-remolque donde se pueden realizar mejoras aerodinámicas: (i) el tractor, (ii) la separación tractor-remolque; (iii) el remolque (OECD 2011).

**Tabla 7. Tecnologías para reducir el arrastre aerodinámico**

<i>Área</i>	<i>Tecnología</i>	<i>Reducción de consumo de combustible</i>
Tractor	Deflector de cabina para cabina de día	4-7%
	Cubierta (Pontón) de cabina para cabina dormitorio	7-10%
	Cubierta de chasis	3-4%
	Paragolpes, espejos retrovisores.	5%

Tractor-remolque	Extensión de cabina	2-4%
Remolque	Cubierta (Pontón) para la base de remolque	5.6-7-5%
	Cubiertas traseras	2.9-5%
	Deflectores frontales	2-4%
	Estabilizadores de vórtice	1%
	Cubiertas para el ensamble de neumáticos	1%

Fuente: NAP 2010

Según estudios especializados, estas mejoras se pueden realizar a un costo marginal por unidad de ahorro de energía (IEA 2012) y pueden ser introducidas en el mercado a través de asociaciones con los fabricantes.

Por ejemplo, el Gobierno de Chile firmó en 2010 un memorando de entendimiento con Nissan Motor Company Ltd. en el cual el gobierno se comprometía a reducir aranceles a la importación de un lote de vehículos con determinada tecnología, y la industria se comprometía a acompañar el desarrollo de soporte y servicio técnico de dicha tecnología, así como a transmitir su conocimiento al gobierno (Nissan 2010).

### Principales características y resultados de la iniciativa SmartWay de la EPA



**Año de lanzamiento:**  
 2004  2012

**Integrada por más de 3000 asociaciones y empresas que adhieren y colaboran de forma VOLUNTARIA**

**Se eliminaron 72.800.000 toneladas métricas de CO2**

**Es el programa de la EPA de los Estados Unidos para promover, entre los actores del sector transporte automotor de cargas la eficiencia en el uso de combustibles y la reducción las emisiones de gases de efecto invernadero y huella de carbono**

**Es una iniciativa voluntaria de cooperación público privada que busca presentar, evaluar y fomentar mejoras en la eficiencia energética de las redes de transporte logísticas de toda cadena de suministro**

**Concentra sus esfuerzos en mejorar especificaciones y equipamiento de trailers y tractores y en protocolos**

**Desde 2004 lleva ahorrados 170.300.000 Barriles de petróleo**

**Se eliminaron 1.458.000 Toneladas de NOx**

**Evitó la emisión de 59.000 toneladas de material particulado**

Fuente: EPA 2016

Existen diferentes programas en todo el mundo cuyo objetivo es incrementar la eficiencia de la actividad del transporte automotor de carga. Estos son ampliamente reconocidos, pero su

implementación en Latinoamérica es marginal. Estas iniciativas agrupan diferentes estándares y protocolos para garantizar la reducción del consumo de combustible en las diferentes áreas del camión, la iniciativa Smartway es conocida por estar focalizada en la reducción de la resistencia aerodinámica. Teniendo en cuenta dichas iniciativas se apoyan tanto en estándares y protocolos internacionales, como del país originario, dificultando su replicación. El Observatorio de Logística y Sustentabilidad (OLS) del Instituto Tecnológico de Buenos Aires (ITBA) desarrolló una revisión de dichas iniciativas concluyendo que las normas ISO, la iniciativa Smartway y los estándares del GHG Protocol son aplicables a la Argentina (ITBA 2015).

#### *d) Reducción del consumo energético de los equipos auxiliares*

Los equipos auxiliares son accesorios utilizados para la operación del vehículo (Osorio 2015), estos incluyen: el alternador del motor, el compresor de aire, compresor del aire acondicionado, bombeo del fluido hidráulico, bombeo del aceite del motor, bombeo de combustible, y “cargas accesorias” (OECD 2011), tales como la calefacción, el aire acondicionado y las luces del habitáculo, entre otras.

La energía consumida por estos equipos puede ser significativa, representando cerca del 25% de la energía total, para el caso de un bus de servicio público urbano que opera con el aire acondicionado encendido (NAP 2010). Otras aproximaciones indican que este consumo puede ser 15% de la energía total disponible (IEA 2012). Esto demuestra que, el impacto de los equipos auxiliares y accesorios depende de la velocidad del motor y del ciclo (flete largo o flete corto) en el que opera el vehículo (NAP 2010).

**Tabla 8. Uso de los equipos auxiliares en diferentes ciclos de carga**

<i>Nombre del equipo auxiliar</i>	<i>Ciclo de trabajo en flete largo (% de tiempo funcionando)</i>	<i>Ciclo de trabajo en flete corto (% de tiempo funcionando)</i>
Compresor aire acondicionado	50	50
Dirección	10	60
Compresor de aire para frenos	5	30
Ventilador del motor	5	10
Alternador	100	100
Bomba de combustible	100	100
Bomba de refrigerante	100	100

Fuente: NAP 2010

La bibliografía también afirma que los ahorros de combustible por conversión eléctrica de las cargas auxiliares que dependen de la energía mecánica del motor son muy específicas para cada

aplicación. Sin embargo, se calcula que la electrificación<sup>11</sup> de todos los equipos auxiliares y accesorios (excepto del alternador), pueden reducir en promedio un 50% de la energía requerida para su funcionamiento, traduciéndose en una reducción de consumo de combustible de 1 - 2% (OECD 2011). Otros estudios afirman que este ahorro puede ser de 1.7 – 4.5%, gracias al uso de unidades de energía dedicadas a las cargas auxiliares (UAE) (NAP 2010).

Existen otras alternativas cero emisiones para el funcionamiento de los equipos auxiliares y accesorios, como los sistemas de recuperación de energía, celdas fotovoltaicas, entre otras (IEA 2012).

Por ejemplo, la recuperación del calor residual a través de ciclos combinados<sup>12</sup> (por ejemplo ciclo de Brayton-Rankine) es la máxima expresión de la optimización del diésel convencional, incrementando el ahorro de energía en el funcionamiento de los equipos auxiliares y accesorios y reduciendo el consumo de combustible hasta en un 10% (IEA 2012). Sin embargo, estos sistemas son de amplia complejidad y su factibilidad económica es incierta debido a que se requiere para extraer calor de pequeños diferenciales de temperatura en el motor.

### *e) Eliminación del ralentí*

El ralentí es el motor trabajando mientras el vehículo se encuentra detenido (Osorio 2015). La combustión sin movimiento consiste en un desperdicio de combustible y dinero, no solo generando emisiones de material particulado y gases de efecto invernadero, sino también dañando el motor. Un motor diésel que permanece en ralentí por más de 3 minutos, puede ensuciar los inyectores y hacer que pierda potencia y eficiencia (CONUEE citado en Osorio 2015).

El consumo de combustible en ralentí no es despreciable, en promedio un motor diesel en ralentí consume 3 litros de combustible por hora y emite más de 8,15 kg de CO<sub>2</sub> (EPA 2005). Dicho consumo no es cuantificado, por tanto el costo real del transporte es más alto que el estimado (EPA 2005).

Los conductores de camión, que esperan cargar o descargar en las instalaciones de un cargador, tienden a dejar sus motores en ralentí por una o varias razones (EPA 2005):

- Por comodidad, para encender la calefacción o el aire acondicionado
- Para generar electricidad para aparatos a bordo, dispositivos electrónicos y equipos auxiliares
- En condiciones de frío extremo, para prevenir la gelificación del combustible y el congelamiento del bloque del motor

---

<sup>11</sup> Esto eliminaría las pérdidas de energía en las correas que transmiten la energía mecánica.

<sup>12</sup> Este ciclo el calor del escape es usado para evaporar un fluido orgánico a alta presión y luego expandiéndolo con una turbina. El fluido expandido es condensado y comprimido antes de entrar a un calentador. Un generador transforma la energía mecánica en electricidad y puede ser usado para accionar las cargas auxiliares (IEA 2012)



- Por la antigua creencia de que el ralenti es bueno para el motor
- Por costumbre

Estas tecnologías pueden reducir las emisiones de GEI hasta en un 80% (Banco Mundial n.d.) y pueden ser clasificadas en 5 categorías (NAP 2010):

i. *Sistemas automáticos de encendido y apagado*

Los sistemas de control del ralenti de arranque y paro monitorean la temperatura de la cabina y arrancan o paran el motor para mantener la temperatura deseada (NAP 2010). Estos también apagan el motor si no detectan actividad en la conducción (pisar freno, o acelerador) (Osorio 2015). La aplicación de apagado automático no es conveniente cuando se requiere refrigeración permanente de productos perecederos (IEA 2012). Se estima que estos sistemas reducen el consumo de combustible en un 3% (NAP 2010).

ii. *Bancos de baterías*

La reducción de ralenti se puede realizar empleando la propia batería del vehículo, o incorporando bancos de baterías para calefacción y enfriamiento de la cabina (Banco Mundial n.d.). En los bancos de baterías se utilizan las de litio, brindando una duración de 8 – 12 horas (NAP 2010). Algunos fabricantes afirman que con su tecnología se puede obtener hasta 8% de reducción en el consumo de combustible (NAP 2010).

iii. *Calentadores a base de combustible*

Estos calentadores usan una cantidad significativamente más pequeña que aquella que consume el motor para calentar la cabina, el mismo motor, o ambos (NAP 2010). En esta tecnología se produce calor con la combustión de una llama o de un intercambiador de calor pequeño (NAP 2010).

iv. *Unidades auxiliares de energía*

Las unidades auxiliares de energía (UAE) proveen electricidad y calefacción con la ayuda de un pequeño motor de combustión interna, equipado con un generador y un aparato de recuperación térmica (NAP 2010). El enfriamiento en la cabina se puede lograr instalando un aire acondicionado eléctrico, que será accionado por la UAE (NAP 2010).

v. *Paradores electrificados*

Estos lugares proveen a los camioneros de conexiones para el encendido de calefacción, aire acondicionado, luces y otros accesorios (NAP 2010), para garantizar comodidad al conductor mientras descansa, sin utilizar el motor del vehículo.

Una alternativa que no involucra tecnología conectada a los camiones es la adecuación de salones con temperatura controlada y condiciones de comodidad en los lugares donde se entrega la carga, en restaurantes de la ruta, y así motivar a los conductores a que no permanezcan en los camiones con el motor en ralentí.

**Tabla 9. Resumen de tecnologías para la eliminación del ralentí**

<i>Tecnología</i>	<i>Costo (dólares)</i>	<i>Reducción consumo combustible</i>
Sistemas automáticos de encendido apagado	\$ 800	3%
Bancos de baterías	\$ 575	5 – 9%
Calentadores a base de combustible	\$ 920	1.3 – 2.3%
Unidades auxiliares de energía	\$6.000 – 8.000	4 – 7%
Paraderos de camión electrificados	\$ 100	5 – 9%

Fuente: elaboración propia con base en EPA 2005 y NAP 2010

### *2.2.3. Prácticas operativas y de mantenimiento*

El mantenimiento, no solo es una estrategia para la reducción del consumo de combustible, sino que además es un aspecto clave en la seguridad de los vehículos; de no realizarse el mantenimiento adecuado, el consumo y los costos podrían dispararse (IDAE 2006) e incluso la seguridad de la unidad se vería comprometida.

#### *a) Control de neumáticos*

Los neumáticos desinflados tienen mayor resistencia a la rodadura que los neumáticos con la presión correcta (DPTI n.d.). Esto responde que una presión alta se traduce en menor aplanamiento (NAP 2010), reduciendo el área de contacto con el pavimento y disminuyendo la fuerza de resistencia.

De manera análoga a lo que sucede en una bicicleta con neumáticos desinflados, donde se requiere mayor esfuerzo para realizar el movimiento, el motor de un vehículo va a realizar más trabajo, consumiendo más combustible cuando los neumáticos están desinflados (IDEA 2010.).

Una presión adecuada no solo reduce la resistencia, sino que también brinda mayor seguridad en la conducción, pues se tiene menor riesgo de que el neumático reviente y se comportan mejor en las curvas (DPTI n.d.).

El impacto en el consumo de combustible que se tiene por una presión inadecuada es fácil de estimar: si se tiene una presión en los neumáticos 10% por debajo de la óptima, el consumo de combustible será 1% mayor (Nokian tyres 2010). En este sentido se considera que la presión más adecuada es la recomendada por el fabricante del camión.

La resistencia a la rodadura también es afectada por el desgaste de la rueda (NAP 2010). Según pasa el tiempo, la rueda se deforma (perdiendo el dibujo), se vuelve más rígida y quebradiza (por la cristalización del caucho), y desliza más.

Las recomendaciones del mantenimiento son:

Controlar la presión de todos y cada uno de los neumáticos:

- Diariamente: de manera visual
- Cada pocos días o cada 5.000 km: midiendo su presión (IDAE 2006).

Verificar la uniformidad de las 4 ruedas:

- Se deben evitar las diferencias de deformación entre las ruedas de tracción y las de apoyo (o agarre).

### *b) Control de filtros*

Filtro de aire: un filtro de aire en mal estado, habitualmente por un exceso de suciedad, restringe la entrada de oxígeno a la cámara de combustión del motor, conduciendo a una mezcla más rica que genera temperaturas más altas y demandando mayor trabajo para el enfriamiento. Esto incrementa el consumo de combustible hasta un 1,5% (IDAE 2006).

Filtro de aceite: su mal estado, por falta de reemplazo periódico (además del cambio de aceite), disminuye la capacidad de retener impurezas, representando un riesgo de sufrir daños importantes en el motor. Un filtro de aceite en mal estado puede aumentar el consumo de combustible hasta un 0,5% (IDAE 2006). Se recomienda cambiar este filtro por lo menos una vez al año.

El filtro de combustible: su mal funcionamiento también conduce a una mezcla rica, además de generar obstrucciones que conducen a una pérdida de potencia y a un incremento de demanda del sistema electrónico, lo que finalmente termina en incremento de consumo de combustible. Si la obstrucción es severa, pararía el motor. La falta de mantenimiento puede causar aumentos en el consumo de hasta un 0,5% (IDAE 2006). Se recomienda cambiarlo a la mitad de los kilómetros aconsejados por el fabricante.

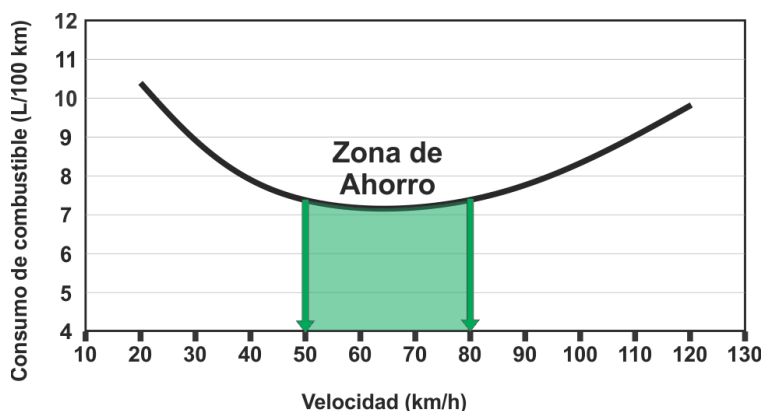
## 2.2.4. Gestión de las flotas y comercialización

Todas las mejoras tecnológicas descritas anteriormente no tendrían el efecto positivo en reducción de emisiones y consumo de combustible si no se procura la operación adecuada de los camiones y la máxima ocupación en cada viaje. Si este fuera el caso, dichas medidas incrementarían considerablemente los costos del transporte debido al elevado monto de las inversiones iniciales. Las medidas analizadas se presentan a seguir:

### a) Conducción eficiente

De acuerdo a la bibliografía, la eficiencia en el consumo de combustible alcanza su máximo<sup>13</sup> entre los 50 y 60 km/h, y declina a bajas y altas velocidades (VTPI n.d.). Esta relación puede observarse en la siguiente figura.

Figura 9. Consumo de combustible como función de la velocidad



Fuente: Modificado de Natural Resources Canada 2015

Como se puede ver en la figura, el consumo de combustible por kilómetro es mayor en velocidades por debajo de los 50 km/h, este es el rango para implementar medidas de conducción eficiente<sup>14</sup>.

Estas medidas implican, entre otras, las siguientes prácticas (Universidad Politécnica de Cataluña 2009):

- Circular en el cambio más largo posible y a bajas revoluciones
- Mantener la velocidad de circulación lo más uniforme posible
- En los procesos de aceleración, pasar de cambio:

<sup>13</sup> Esto tiene una fuerte dependencia del peso del camión y de la carga.

<sup>14</sup> Estas medidas no son necesarias en camiones modernos con transmisión automática, la cual no deja mucha oportunidad al conductor de seleccionar cambios inadecuados o realizar aceleraciones y desaceleraciones bruscas (OECD 2011)

- Entre 2.000 y 2.500 revoluciones en los motores de gasolina
- Entre 1500 y 2000 en los motores diesel
- En los procesos de deceleración, se debe bajar de cambio lo más tarde posible
- Conducir con anticipación y previsión
- Recordar que mientras no se pisa el acelerador, manteniendo una marcha engranada, y una velocidad cercana a los 40 km/h (para camiones a diesel) o a los 10 km/h (para camiones a gasolina), se obtiene el mayor ahorro de combustible
- Evitar arranques y paradas repentinos (IEA 2011)
- Evitar el funcionamiento del motor en ralentí

Con base en evaluaciones de algunas iniciativas de conducción eficiente se concluyó que, estas pueden resultar en una reducción inmediata en el consumo de combustible de 10% o más (OECD 2011 & IEA 2012). Algunos estudios indican estas reducciones pueden ser hasta de un 40% en comparación con conductores agresivos (CTL n.d.). Con relación a las emisiones de CO<sub>2</sub>, la evidencia indica que se pueden alcanzar reducciones entre 10 – 30% en comparación a un comportamiento promedio a velocidades típicas urbanas (entre 10 – 40 km/h) (OECD 2011 & IEA 2012). Estos beneficios se reducen considerablemente a medida que la velocidad promedio se incrementa (CTL n.d.).

El entrenamiento en conducción eficiente es una acción costo-efectiva, especialmente cuando los precios del petróleo son altos, pues existen varias medidas por debajo de los 10 euros por tonelada de CO<sub>2</sub> evitada (OECD 2011). También se ha demostrado, que si los conductores son entrenados adecuadamente se podrían obtener ahorros en mantenimiento (NAP 2010).

Sin embargo, existen evidencias que indican que los conductores tienden a regresar a sus hábitos tradicionales, por esto es importante que dicha capacitación sea realizada de manera permanente. Según evaluaciones realizadas por el International Transport Forum (citado en OECD 2011), inmediatamente después del entrenamiento se registraron incrementos en el ahorro de combustible cercanos a los 5-15% para carros, buses y camiones. En el mediano plazo (<3 años), se observaron ahorros de combustible promedio cercanos al 5% para aquellos casos donde no hay un apoyo adicional al entrenamiento inicial, y en aquellos casos donde se tuvo retroalimentación continua este ahorro se incrementó en un 10%.

Alrededor del mundo numerosas compañías con flotas de transporte (ya sean autos o camiones) han entrenado sistemáticamente a sus conductores persiguiendo los ahorros mencionados a un bajo costo. Por ejemplo en **Francia**, el **grupo La Poste** implementó un entrenamiento continuo en conducción eficiente; y una evaluación temprana del programa mostró una reducción de 8% en emisiones de CO<sub>2</sub>, lo que a escala del grupo empresarial representaría un ahorro de cinco millones de litros de combustible ahorrados al año (IEA 2012).

## *b) Conformación de bolsas de carga*

Un concepto que se ha posicionado en los últimos años es la bolsa de carga. Tradicionalmente los transportadores aceptaban un trabajo sin saber si encontrarían una carga para el regreso o si tendrían que regresar con el remolque vacío (Returnloads 2015).

Las bolsas de carga en internet son mercados virtuales para agentes de transporte que acercan cargadores y transportadores (OECD 2011). Su función principal es encontrar la mejor correspondencia entre la demanda de los cargadores con la oferta de transporte sean camiones vacíos o con capacidad adicional en tiempo real (OECD 2011). Existen aplicaciones móviles en Europa que acercan opciones de transporte mediante bolsas de carga, permitiendo la comunicación inmediata entre sus asociados. Las más conocidas, TimoCom y Wtransnet Cargo, pueden descargarse en forma gratuita y adicionalmente ofrecen bolsas de almacenamiento.

Dentro de los beneficios de las bolsas de carga quizás el más evidente es el de evitar la circulación de camiones vacíos o con capacidad de carga ociosa y reducir los gastos en tiempo, combustible y dinero que esto representa para los transportadores. Sin embargo, este tipo de plataformas permiten también que los transportadores tengan acceso a mercados de carga a los que hubiera sido imposible anteriormente (por el volumen de carga por ejemplo), ganar nuevos clientes, abre espacio para que nuevos competidores ingresen al mercado y brinda la oportunidad para que los transportadores construyan su propia marca con base en criterios de calidad y seguridad, que son certificados por la calificación de sus clientes a través del portal (Returnloads 2015).

### *2.2.5. Formalización del sector*

Dentro del Sistema de Infraestructura del Transporte (SIT) de la República Argentina un porcentaje de la partida presupuestaria del mismo se destina al mantenimiento del RUTA (Registro Único de Transporte Automotor) y, hasta el año 2012, el REFOP (Régimen de Fomento a la Profesionalización del Transporte de Cargas). Ambas iniciativas, si bien benefician al sector, tardaron en ser aplicadas (en el caso del RUTA estaba reglamentada su operación desde 1996). El registro de transportistas mediante el RUTA tuvo impulso luego de que el Estado reglamentara la inscripción como condición para acceder a subsidios, mientras que, paralelamente firmaba con las principales cámaras empresarias convenios para su promoción. El REFOP contaba con numerosos trámites burocráticos que constituían una barrera para las pequeñas empresas, aumentando la brecha entre grandes y pequeños transportistas. Adicionalmente la implementación de la Licencia Nacional Habilitante para todo transportista de cargas, suma una instancia de evaluación psicofísica que en la actualidad se realiza dentro de la órbita del gremio de Camioneros (Pontoni, 2013).

La mejora en la registración del sector puede ser una medida para incluir dentro de estas instancias mecanismos adecuados para el levantamiento de datos de actividad y consumos, y la

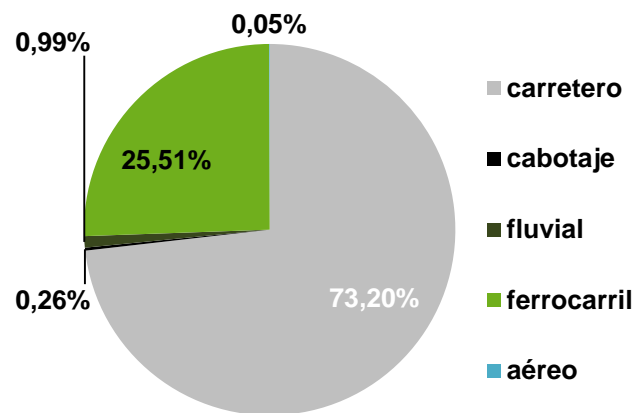
obligatoriedad de capacitaciones relativas a conducción segura y verde podría ser una medida recomendable para llegar a cada camionero que realice dichos trámites.

### 3. Casos de Estudio

#### 3.1. Colombia

Colombia tiene un área de 1.138 mil km<sup>2</sup> y una población de 46 millones de habitantes<sup>15</sup> (similar a la Argentina), con una densidad de 42 habitantes por km<sup>2</sup>. En lo que respecta al movimiento de cargas, se transportaron en 2013 un total de 301 millones de toneladas, de las cuales el 73% se movilizó en el modo carretero, seguido por un 25,5% en el modo ferroviario (Ministerio de Transporte 2013).

Figura 10. Distribución modal del transporte de cargas en Colombia (en toneladas)



Fuente: Ministerio de Transporte 2013

Adicionalmente, el país presenta una serie de desafíos socioeconómicos donde el sector transporte es una pieza clave, como elevados costos logísticos, bajo nivel de estandarización en el transporte automotor de carga, vulnerabilidad de la infraestructura ante los eventos climáticos extremos, ausencia de integración del transporte y la movilidad con el ordenamiento urbano, y ausencia de desarrollo de infraestructura y servicios de transporte en zonas aisladas.

Para afrontar estos desafíos, mejorar la eficiencia y la competitividad, el Gobierno de Colombia desarrolló una serie de políticas para fortalecer el sector de transporte carretero de cargas, promover la modernización y la renovación, e incrementar su sostenibilidad ambiental. A continuación se describen las más importantes:

<sup>15</sup> Estimado a Julio de 2014 (CIA, 2014)



El documento CONPES<sup>16</sup> 3489 de 2007 propuso la creación del Índice de Precios de Transporte, se propuso un programa de capacitaciones para los actores de las cadenas en mejores prácticas logísticas, se establecieron condiciones para el acceso a los equipos de transporte, regulación de las especificaciones técnicas de la flota, la promoción de combustibles más limpios, generación de incentivos para la renovación vehicular y se fomentó el desarrollo de servicios logísticos a nivel de diagnóstico, se establecieron condiciones para incrementar la seguridad del transporte, entre otros.

La Política Nacional Logística fue establecida en el documento CONPES 3547 de 2008. Sus objetivos incluían: i) el fortalecimiento institucional y de la generación de información; ii) la articulación de la logística con el planeamiento de otras políticas públicas; y iii) la facilitación del comercio y promoción del uso de las TIC. Como resultado, se desarrolló la Encuesta Nacional Logística, que explica los grandes aspectos del desempeño logístico del país; el Registro Nacional de Despachos de Carga (RNDC), que recibe, valida y transmite las operaciones para el Servicio Público de Transporte Terrestre Automotor de Carga, permitiendo mayor eficiencia a las empresas y facilitando el seguimiento a los entes de control; se construyeron plataformas logísticas especializadas, como la de Buenaventura; se declararon nuevas zonas francas; y, se dispuso la creación de herramientas TIC para la gestión de la carga y de almacenamientos, entre otros.

Con respecto a la flota terrestre de carga, el CONPES 3759 de 2013 modificó el programa de renovación del parque vehicular<sup>17</sup>, dándole un enfoque integral, pues se incluyeron esquemas de formalización y capacitación para los pequeños propietarios de camiones (dueños del 70% de la flota), así como la formación de empresas unipersonales y condiciones de crédito especiales con bancos de segundo piso. Adicionalmente se estableció una norma técnica de administración de flota como requisito para las empresas; se modificó la regulación del seguro de transporte, así como la edad máxima de operación; y se estableció el seguimiento permanente, tanto del desempeño de este programa como del comportamiento del parque automotor<sup>18</sup>, con el fin de tomar medidas correctivas a tiempo (DNP 2013).

Teniendo en cuenta que las emisiones de GEI relacionadas con el transporte en Colombia resultan en un 40% del transporte automotor de cargas, a que existe un elevado fraccionamiento de la tenencia de camiones (70% persona natural, 30% empresas), a que la edad del parque automotor es elevada (24,4 años) y a la baja capacidad institucional, se diseñó una NAMA<sup>19</sup> unilateral de transporte carretero de cargas. Esta involucra aspectos de las estrategias incluidas en la política

---

<sup>16</sup> Consejo Nacional de Política Económica y Social: máxima autoridad nacional de planeación y se desempeña como organismo asesor del Gobierno en todos los aspectos relacionados con el desarrollo económico y social de Colombia.

<sup>17</sup> Después de numerables esfuerzos que no lograron la renovación total y la contracción del parque automotor.

<sup>18</sup> A través del registro nacional de despachos de carga - RNDC creado en con la Política Nacional Logística.

<sup>19</sup> Acciones de Mitigación Apropriadas al País (NAMAs): son un conjunto de actividades factibles definidas de manera soberana por un país y que conducen a reducción de emisiones de una manera medible, reportable y verificable. Reemplazan al mecanismo de desarrollo limpio

nacional logística, en la política nacional del transporte de carga y en la política nacional para modernizar el programa de renovación del parque automotor de cargas (descriptos anteriormente).

El objetivo de la NAMA es el fortalecimiento del sector a través del desarrollo de programas de capacitación y construcción de capacidades dirigido a los conductores de los vehículos, operarios y actores involucrados en toda la cadena de operación con el fin de avanzar hacia la formalización, profesionalización y el desarrollo de buenas prácticas del sector, garantizando la sostenibilidad de este tipo de acciones en el largo plazo (Melo 2015). La NAMA comprende una mezcla de incentivos regulatorios y económicos con los que el Gobierno de Colombia apunta a acelerar la mejora del sector de transporte de cargas con el objetivo de incrementar la competitividad económica y el rendimiento ambiental del sector de transporte de cargas (UNFCCC 2016).

Los objetivos específicos de la NAMA son (Melo 2014):

- Reducir la edad promedio del parque vehicular
- Aumentar el desarrollo empresarial del sector
- Mejorar la eficiencia en las operaciones logísticas de transporte de carga

Las actividades que comprende la NAMA se desarrollarán en dos fases (Melo 2014):

Fase 1: Acciones de promoción para la renovación del parque automotor de carga mediante incentivos económicos y regulatorios (desarrollo del fondo FRVC: Fondo de Renovación de Vehículos de Transporte Terrestre Automotor de Carga)

Fase 2: a) Acciones de fomento al desarrollo empresarial del sector; b) Acciones para aumentar la eficiencia de las operaciones logísticas de transporte de carga

A través de estas actividades se espera reducir las emisiones de GEI hasta en 520.000 toneladas anuales de CO<sup>2</sup>, reducir la contaminación del aire en centros urbanos, la accidentalidad, el consumo de combustible, y mejorar las condiciones sociales de conductores y otros empleados del sector a través de su formalización laboral.

### 3.2. *Co-beneficios*

Con el programa de renovación vehicular sería posible evitar el consumo de 353 millones de litros de ACPM (aceite carburante para motor), y debido a los costos de operación y mantenimiento se podrían percibir ahorros adicionales<sup>20</sup> (Melo 2015).

---

<sup>20</sup> Según cálculos estimados por el Ministerio de Transporte, un vehículo con más de 10 años de antigüedad presenta costos de reparación y mantenimiento aproximadamente 20% más altos (Melo 2015).

**Tabla 10. Indicadores monitoreados en el MRV<sup>21</sup>**

<i>Indicadores</i>	<i>Fuente</i>
<p>Indicadores generales:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Consumo total de energía en el transporte (modo, carga/pasajeros, combustible)</li> <li>• Emisiones totales de GEI</li> <li>• Emisiones totales de GEI generadas en el transporte</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Para los factores de emisión de los vehículos se toman factores internacionales mientras se llevan a cabo mediciones en Colombia</li> <li>• Los factores de actividad son calculados con base en las matrices origen-destino del Ministerio de Transporte</li> <li>• El número de vehículos es tomado del registro oficial del Ministerio de Transporte</li> </ul>
<p>Indicadores específicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Número de unidades de vehículos de carga (tipo y edad)</li> <li>• Consumo energético (tipo de vehículos, combustible, edad)</li> <li>• Emisiones de CO2 (tipo de vehículos, combustible y edad)</li> </ul>	

Fuente: elaboración propia con base en UNFCCC 2016 y Melo 2015

### 3.3. *México*

México es un país que cuenta con una superficie de 2 millones de km<sup>2</sup> y con una población de 122 millones de habitantes, siendo su densidad de 62 habitantes por km<sup>2</sup>. El sector transporte se caracteriza por el papel dominante que el modo automotor cumple tanto en el transporte de pasajeros como el de las cargas. Con respecto a estas últimas, la mayor parte se transporta por camión, representando el 85,7% del total en el año 2011. Dicho modo, continúa siendo preponderante aún en toneladas-km.

Esto lleva a que algunos de los desafíos que afronta el sistema de transporte de México estén relacionados con los costos logísticos que afectan la competitividad, la elevada edad de la flota de camiones, entre otros.

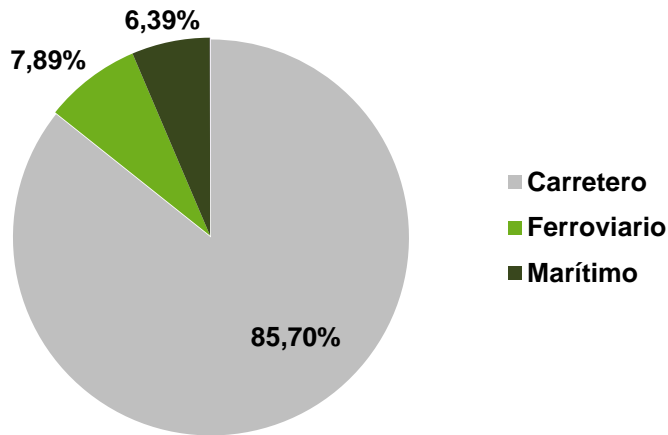
Frente a esto, el Gobierno Mexicano ha desarrollado una serie de programas para mejorar la eficiencia del transporte de cargas, entre los cuales se incluyen un programa de chatarreo y el programa Transporte Limpio.

El programa de chatarreo que empezó en 2004 promueve el reemplazo de camiones viejos por modernos (con un incentivo máximo de hasta 15% del valor de la nueva unidad). En 2012, el programa se extendió hasta 2018 con 300 millones de dólares adicionales. Dentro de los resultados se cuentan más de 22.000 camiones viejos que han sido retirados y aproximadamente

<sup>21</sup> MRV: monitoreo, reporte y verificación. Es un requisito de la CMNUCC para el registro de proyectos de mitigación (NAMA)

47.000 nuevos que han sido agregados a la flota. Adicionalmente, se han mitigado cerca de 1.5 Mt CO<sub>2</sub>eq. La participación en el programa es voluntaria. Sin embargo, el chatarreo no está vinculado al programa de renovación, resultando en que han entrado muchos más camiones que los que han salido (Secretaría de Comunicaciones y Transporte 2012).

**Figura 11. Distribución modal del transporte de cargas en México**



Fuente: Instituto Mexicano del Transporte 2011

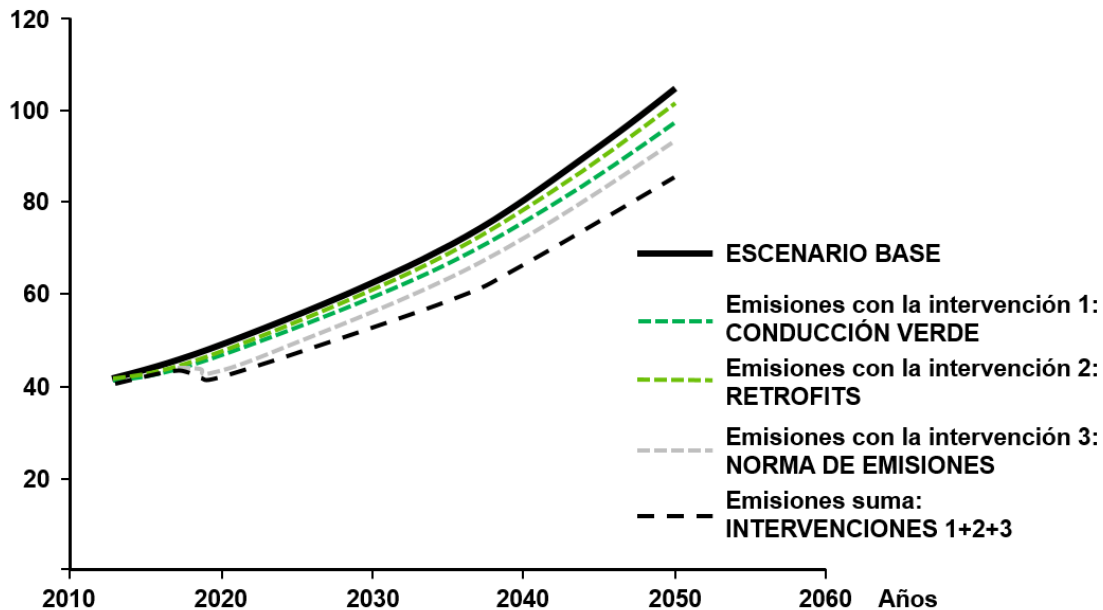
El programa Transporte Limpio de SEMARNAT fue creado en 2008, es una alianza voluntaria conducida por el mercado dirigida a ayudar a los negocios a mover los bienes de la manera más limpia y eficiente posible. Los principales componentes del programa son: i) capacitaciones en conducción eficiente y ii) tecnologías de ahorro de combustible. Los beneficios para las empresas son importantes, hasta un 50% en ahorros de combustible. Como resultado, cerca de 19.000 camiones han entrado al programa, mitigando más de 3 Mt CO<sub>2</sub>eq. Sin embargo, la participación de pequeñas empresas es muy pobre (SEMARNAT 2014).

En el marco de esta política de transporte de cargas de bajo carbono, se identificaron una serie de acciones de mitigación que se formularon como una NAMA integradora dirigida a los propietarios unipersonales (hasta 5 camiones) y pequeños transportistas (hasta 30 unidades), los cuales representan 98% de las empresas de transporte y 60% de la flota nacional (Schmid 2014). Los componentes de la NAMA son:

- i. Capacitaciones de conducción verde: introducción de capacitaciones en conducción verde como requisito obligatorio en el proceso de obtención de la licencia por parte de los choferes cada dos años. La obligatoriedad de dichos cursos no solo reduce significativamente las emisiones de GEI, sino que también lleva a un incremento importante de los ingresos de los emprendedores (Schmid 2014).
- Mitigación potencial de GEI por participante: 5-50%

- Mitigación promedio de GEI anual (2018-2050): 6.6Mt de CO<sub>2</sub>
- ii. Tecnologías de ahorro de combustible: implementación masiva de tecnologías de ahorro de combustible, tales como mejoras aerodinámicas, sistemas de autoinflado y neumáticos energéticamente eficientes. La adquisición de dichas tecnologías ofrecen excelentes condiciones de costo beneficio, pues el periodo de repago usualmente es de menos de un año (Schmid 2014).
- Mitigación potencial de GEI por tecnología: 0.8- 10%
  - Mitigación promedio de GEI anual (2014-2050): 3.6Mt de CO<sub>2</sub>
- iii. Norma de emisiones mexicana NOM-044: la mejora de los nuevos vehículos de trabajo pesado por la modificación de la regulación de los estándares de emisiones para nuevos vehículos, que cambió de ser EPA 2004/EURO II/III a EPA 2010/EURO VI. Con esto, México sería uno de los primeros países, además de Estados Unidos y la Unión Europea en adoptar dichas regulaciones tan estrictas (Schmid 2014).
- Mitigación potencial de GEI por camión: 8-15%
  - Mitigación promedio de GEI anual (2018-2050): 1.4 Mt de CO<sub>2</sub>

**Figura 12. Potencial de mitigación de la NAMA en México**



Fuente: Schmid 2014

### 3.4. Mecanismo de MRV

Para el diseño del mecanismo MRV del proceso de chatarreo se tomaron en cuenta:

- i. La duración del impacto (efecto de la edad de los camiones viejos y su vida útil restante) para conocer el impacto con el esquema y sin el esquema de chatarreo (Schmid 2015).
- ii. El efecto rebote, es decir el fenómeno de los kilómetros recorridos por los nuevos vehículos que entran en circulación con relación a los viejos que recorren menor distancia. Estas emisiones no se consideran en el modelo debido a que el efecto rebote se elimina porque se ha demostrado que los vehículos más antiguos tienen más viajes en vacío, y aunque los vehículos nuevos recorren más kilómetros, transportan más carga (Schmid 2015).
- iii. Las emisiones derivadas de la manufactura, tanto de la construcción del vehículo como del proceso de chatarreo. Estas no se consideran por representar menos del 1% de las emisiones totales en los primeros 20 años de vida de las unidades (Schmid 2015).

**Tabla 11. Indicadores monitoreados en el MRV (México)**

<i>Indicador</i>	<i>Fuente</i>
Número de vehículos de cada tipo y antigüedad de camión	Inventario de registro y peso de la Secretaría de Comercio y Transporte
Recorrido anual	Kilómetros recorridos al año con base en el estudio de “Diagnóstico de la situación del sector autotransporte de carga” realizado por la empresa de consultoría SEPSA.
Rendimiento	Litros de diesel por kilómetro con base en el estudio “Diagnóstico de la situación del sector autotransporte de carga” realizado por la empresa de consultoría SEPSA.
Emisiones totales	Cálculo utilizando la fórmula (1) con base en el factor de emisión por el INECC para México (2,69 kg de CO <sub>2</sub> por litro)

Fuente: Schmid 2015

**Ecuación 2. Cálculo de emisiones para fuentes móviles (México)**

$$Emisiones\ línea\ base = \#de\ vehículos * \frac{km}{año} * \frac{litros}{km} * 2,69CO_2kg/l$$

Fuente: Schmid 2015

### 3.5. Co-beneficios

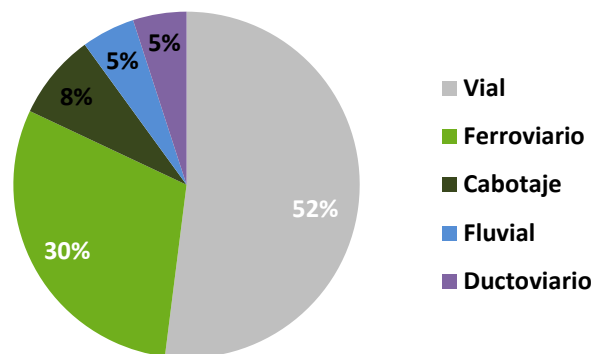
Se ha estimado que durante los 20 años subsiguientes a la implementación del proyecto se evitarían (Schmid 2015):

- 225.000 toneladas de PM<sub>5</sub>
- 160.000 toneladas de carbono negro
- 4 millones de toneladas de NO<sub>x</sub>
- 55.000 muertes prematuras
- 500 millones de toneladas de CO<sub>2</sub>

### 3.6. *Brasil*

Brasil es el mayor país de América Latina; su territorio ocupa casi la mitad del subcontinente sudamericano (47,3%), con una superficie de 8.511.965 kilómetros cuadrados poblado por 200 millones de habitantes. Con relación al sector transporte, aunque el país tiene una larga historia y un importante desarrollo ferroviario, el crecimiento acelerado de la flota de vehículos automotores en la última década ratifica la importancia del sector vial en Brasil. La flota total de vehículos producidos en los últimos años más que se duplicó, destacándose el crecimiento de la flota de camiones.

**Figura 13. Distribución modal de la matriz brasilera de transporte regional de cargas 2011**



Fuente: Ministério dos Transportes –Secretaria de Política Nacional de Transportes 2012

Como se ve en la gráfica el modo preponderante es el carretero, esto responde no solo al retroceso de las inversiones recientes por la coyuntura política, sino al auge que el sector automotor tuvo en la región en las últimas décadas. Los altos índices de crecimiento del parque automotor dan cuenta de la complejidad del fenómeno nacional de motorización. Tal constatación ratifica la complejidad institucional para atender adecuadamente la demanda de infraestructura sin agravar todavía más los niveles de emisiones atmosféricas y otros efectos recurrentes del aumento de la flota vehicular.

Con respecto a las emisiones de GEI, se estima que la participación del sector de cargas es de aproximadamente 90% de las emisiones totales del sector transporte, el cual a su vez responde por 30% de las emisiones y del consumo de energía totales nacionales (Banco Mundial n.d.). Se proyecta que las emisiones de modo carretero continúen creciendo, con camiones pesados superando el crecimiento de cualquier otra categoría de vehículos de carretera, alcanzando el 33% del total en 2020 (Banco Mundial n.d.).

Con el propósito de promover una matriz modal más equilibrada, el Gobierno de Brasil ha formulado el Plan Nacional de Logística y Transporte (PNLT), el cual está destinado a orientar, con bases técnicas y científicas, la implantación de acciones públicas y privadas en el Sector de Transportes de forma de atender las demandas políticas de integración, desarrollo y superación de desigualdades.

Desde 1997 se dio inicio al programa EconomiZAR, el cual es producto de una alianza entre el Conpet (programa nacional de racionalización del uso de los derivados del petróleo y de gas natural) y Petrobras, cuyo objetivo es incrementar la eficiencia energética en la industria. El proyecto consta de 48 unidades móviles que transportan técnicos operados por Petrobras y equipadas con instrumentos para medir los gases emitidos por los vehículos, y un minilaboratorio para analizar la calidad del diésel (Banco Mundial n.d.). Las unidades visitan compañías afiliadas en las cuales se analiza el manejo del combustible, además del mantenimiento de la flota (Banco Mundial n.d.). Estas unidades además trabajan en conjunto con los empleados de las compañías, identificando y promoviendo prácticas exitosas para mejorar la eficiencia del combustible y ofrecen capacitaciones para conductores y mecánicos (Banco Mundial n.d.). Los resultados que se presentan desde su implementación en 1997, permiten inferir una reducción de aproximadamente 1,9 millones de toneladas de CO<sub>2</sub> y 40 toneladas de material particulado y un ahorro de 690 millones de litros de diesel sin quemar (Fetranspor 2014).

Posteriormente en 2007, la CNT (Confederación Nacional del Transporte) con apoyo de SEST (servicio social del transporte) crea en el programa DESPOLUIR para promover la participación de los transportistas, los camioneros independientes y la sociedad en general en las acciones de conservación del medio ambiente y la búsqueda de un modelo de desarrollo sostenible (CNT 2012). Los proyectos que se desarrollan bajo este programa incluye la promoción del uso de energía limpia en el sector, mejoramiento de la gestión ambiental en compañías, estacionamientos y terminales de transporte; y quizás el más relevante, es la capacitación de conductores para que recorran las vías de forma segura y haciendo un consumo más eficiente de combustible, así como para que implementen mejores prácticas de mantenimiento (Banco Mundial n.d.). Sin embargo, aún no se tienen resultados del impacto de los programas de capacitación en la reducción de las emisiones.

Asimismo, se han diseñado programas de financiamiento para facilitar la renovación de la flota. Por ejemplo, la línea de crédito del BNDES (Banco Nacional de Desarrollo económico y Social) denominada *Procamiãoheiro*. El programa financia la compra de camiones y equipos de camiones



(nuevos y usados), comprendiendo camiones, chasis, tractores, carretas, remolques, semirremolques, tanques cisterna, entre otros (BNDES n.d.). Los equipos usados deben tener máximo 15 años al momento de solicitar la financiación, también se puede solicitar el financiamiento para sistemas de rastreo cuando se compran y se aseguran al mismo tiempo que los equipos (BNDES n.d.). En 2009, el Gobierno Federal redujo la tasa de interés anual de Procaminhoneiro de 13.5 a 4.5% (Banco Mundial n.d.). En 2009, se tuvieron 6728 aprobaciones de crédito, mientras que en 2008 se tuvieron 2073 (Manco Mundial n.d.). Las bajas tasas de interés y el largo período de pago (96 meses) se identificaron como las razones principales para este crecimiento sustancial (Banco Mundial n.d.).

Adicionalmente para permitirle al consumidor saber cuánta energía consumen los vehículos, en 2010 se dió inicio al Programa Brasileiro de Etiquetado para vehículos (CONPET 2014). El programa se lanzó en Río de Janeiro, enfocándose en camiones de carga que usan diésel para circular en Río (Petrobras 2010). El objetivo es reducir las emisiones de gases y la contaminación del aire en el estado (Petrobras 2010). Se estima la adhesión de por lo menos 50 mil camiones al programa (Petrobras 2010). Los vehículos certificados por el programa DESPOLUIR pueden utilizar el sello verde (CNT 2012).

## **4. Evaluación de las medidas de mitigación**

### **4.1. Escenarios de análisis para la estimación de emisiones**

Para estimar el potencial de reducción de consumo de combustible y su costo se han planteado tres escenarios de análisis:

- Escenario tendencial: Es el escenario *business as usual* o línea base. En este caso no se implementan tecnologías ni medidas de gestión para reducir el consumo de combustible y se asume que la flota crece de manera constante hasta 2030.
- Escenario 1 (moderado): Es un escenario donde se implementa un grupo moderado de medidas tecnológicas y de gestión. Estas se caracterizan por tener bajo costo y potencial de reducción de combustible mediano. El potencial de reducción de combustible de las medidas agregadas es de aproximadamente 34% en comparación con el escenario tendencial. También se asume que la flota crece constantemente a 2030.
- Escenario 2 (agresivo): En este se implementa un grupo amplio de medidas tecnológicas y de gestión. Estas se caracterizan por tener un alto costo y elevado potencial de reducción del consumo de combustible. El potencial de reducción de combustible de las medidas agregadas es de aproximadamente 63% en comparación con el escenario tendencial. También se asume que la flota crece constantemente a 2030.

Bajo estos tres escenarios se desarrollarán los análisis de estimación de emisiones de GEI, costos y co-beneficios. Las medidas tecnológicas consideradas en cada uno de los escenarios y su respectivo potencial de ahorro de combustible y costos se resumen a continuación:

**Tabla 12. Resumen de medidas analizadas en los dos escenarios de análisis**

<i>Medida</i>	<i>Rango Potencial ahorro (%)</i>		<i>Potencial ahorro promedio</i>	<i>Costo (USD)</i>		<i>Costo promedio</i>	<i>Escenario 1</i>	<i>Escenario 2</i>
<b>Reducción de resistencia a la rodadura</b>								
Tracción sencilla de base ancha	5	10	7,5	1700		1700		X
Neumáticos de bajo CRR	1	5	3	300	500	400	X	
<b>Tractor aerodinámico</b>								
Deflector cabina de día	4	7	5,5				X	
Deflector cabina de noche	7	10	8,5					X
Cubierta de chasis	3	4	3,5					X
Parachoques, espejos, etc.	5		5					X
<b>Tractor-remolque</b>								
Extensión de cabina	2	4	3				X	X
<b>Remolque aerodinámico</b>								
Faldón para la base del remolque	5,6	7,5	6,55					X
Cubiertas traseras	2,9	5	3,95					X
Deflectores frontales	2	4	3					X
Estabilizadores de vórtice	1		1				X	
Paneles cubre ruedas	1		1				X	X
<b>Equipos auxiliares</b>								
Recuperación de calor residual (rankine)	1,5	10	5,75	15000	16000	15500	-	-
Unidades auxiliares de energía	1	4,5	2,75	6000	8000	7000		X
<b>Eliminación del ralentí</b>								
Encendido y apagado automático	5	10	7,5	600	900	750	X	X
Unidades auxiliares de energía	incluidas dentro de equipos auxiliares							
Calentadores a base de combustible	1,3	2,3	1,8	920		920	X	
<b>Conducción eficiente</b>								
Capacitaciones	8	15	11,5				X	X
<b>Total ahorro de combustible (%)</b>							<b>34</b>	<b>63</b>

Fuente: Elaboración propia

## 4.2. Metodología para la estimación de emisiones

La estimación de emisiones de GEI se llevó a cabo de acuerdo a las metodologías establecidas por IPCC para fuentes móviles, específicamente para la categoría 1.A.3.b Transporte. Estas se calcularon empleando la ecuación del IPCC (1996) en un Nivel 2, la cual se basa en el tipo de combustible y el consumo, tipos de vehículos y actividades (distancias recorridas):

### Ecuación 3. Estimación de emisiones de CO2

$$\text{Emisiones (miles de t CO2)} = FE_{(AB)} * \text{Actividad}_{(AB)}$$

Dónde:

**FE:** factor de emisión de CO2 para Diesel

**Actividad:** dato de actividad en L/km

**A:** modo de transporte (tipo de vehículo, pasajeros o carga)

**B:** tipo de combustible utilizado por el modo

Supuestos:

1. Para estimar la tasa de reducción de consumo de combustible de cada tecnología se tomó un valor promedio a los potenciales de reducción encontrados en la literatura
2. El potencial de reducción de consumo de combustible para cada escenario se obtuvo como la sumatoria de los potenciales de reducción de consumo de combustible de todas las medidas incluidas en cada escenario
3. Crecimiento de la flota: se asume que la tasa de crecimiento de la flota incluye chatarrización de vehículos por obsolescencia y renovación
4. Incorporación de nuevas unidades a la flota para el transporte de terceros: Se asume que las empresas que realizan transporte para terceros incorporan unidades nuevas que cumplen con los estándares Euro V, debido a la entrada en vigencia de la Resolución 1464-2014 de la Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación. El segmento de camiones restantes de este grupo cumplen una regulación Euro III. Las emisiones totales en este grupo se calculan como la suma de las emisiones de los camiones Euro III y euro V
5. Incorporación de nuevas unidades a la flota para el transporte propio: Se asume que las empresas que realizan transporte propio cuentan con unidades que no cumplen los estándares de emisiones europeos, por tanto se asume que tienen una clasificación Euro 0. El 50% de las unidades incorporadas cumplen estándares Euro III, 20% de las unidades son chinas y 30% cumplen Euro V. Las emisiones totales en este grupo se calculan como la suma de las emisiones de los camiones Euro 0, Euro III, Chinos y Euro V

6. Se asume que los camiones nuevos o menos antiguos trabajan en flete (500 km). El dato de los kilómetros recorridos al año fue obtenido del Observatorio de Cargas y Logística del BID
7. Se asume que los camiones más antiguos trabajan en flete corto (250 km). El dato de los kilómetros recorridos al año fue calculado como la multiplicación de la distancia por 232 días laborales
8. La distancia recorrida durante un año por los camiones es constante y no se considera un crecimiento a lo largo de los años

### 4.3. Factores de Consumo y Emisión

Los factores de consumo y emisión utilizados en el presente estudio son indicativos; fueron construidos en consideración de datos internacionales frente a la ausencia de información a nivel nacional. Si bien se hizo un esfuerzo por seleccionar indicadores disponibles en la bibliografía que mejor se acomodaran a las circunstancias nacionales, se considera que resultan adecuados solo para una primera aproximación a la estimación de emisiones de las medidas tecnológicas. Para obtener una estimación de la reducción de emisiones más exacta, se requerirá no solo del cálculo de factor de emisión para el combustible argentino sino de una revisión profunda de los consumos de las diferentes tecnologías, deseablemente a partir de pruebas de campo y considerando el desempeño de las tecnologías, la edad de la flota, el mantenimiento, entre otros.

**Tabla 13. Factores de emisión y consumo seleccionados para la estimación de emisiones**

<i>Tecnología</i>	<i>Factor de Emisión CO<sub>2</sub></i>	<i>Unidades</i>	<i>Consumo combustible</i>	<i>Unidades</i>	<i>Fuente</i>
Euro 0	2,5835	kg/L	40	L/100km	Camiones Canadienses 1999
Euro III	2,5835	kg/L	37,9	L/100km	Camiones estadounidenses 2005
Euro V	2,5835	kg/L	37,3	L/100km	Lastauto Omnibus and truck magazine (2012-2013)
Chinos	2,5835	kg/L	43,5	L/100km	China Automotive Technology and Research Center 2013

Fuente: elaboración propia con base en DEFRA 2012, Natural Resources Canada 1999, CCAP s.f. y ICCT 2015.

### 4.4. Potencial de Mitigación

El potencial de mitigación se estimó asumiendo que el año de inicio para la implementación de las medidas es 2017, en el cual se implementa todo el conjunto de intervenciones tecnológicas y

de gestión para los dos escenarios. Tomando los factores de emisión presentados en el numeral anterior se estimaron los potenciales de reducción de CO<sub>2</sub>e, obteniendo los siguientes resultados:

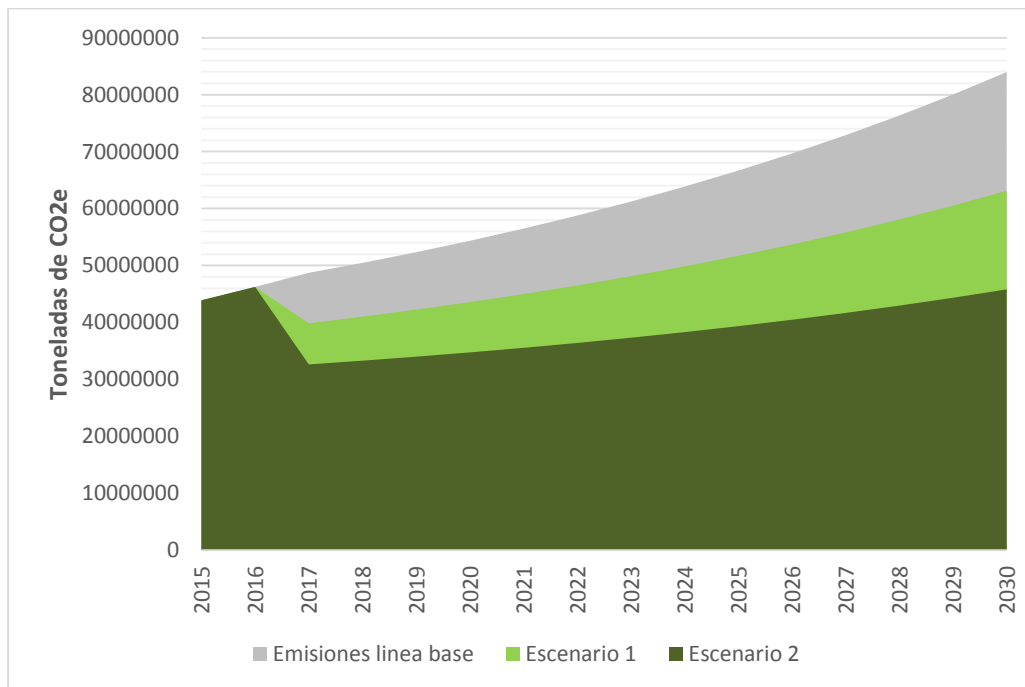
**Tabla 14. Reducciones de emisiones de CO<sub>2</sub>e**

Escenario	Emisiones CO <sub>2</sub> acumuladas a 2030 (t)	Emisiones CO <sub>2</sub> anuales (t)
Línea base	985.854.138	61.615.884
Escenario 1	789.185.067	49.324.067
Escenario 2	626.883.455	39.180.216

Fuente: Elaboración propia

De la tabla se puede ver que al implementar el escenario 1 se obtendría una reducción anual de emisiones de 12.291.817 t/año o el equivalente a 196.669.071 tCO<sub>2</sub> acumuladas a 2030, lo que resulta en una reducción de 20% en comparación con el escenario base. Para el caso del escenario 2, las reducciones anuales ascenderían a 22.435.668 t/año o 358.970.683 tCO<sub>2</sub> acumuladas a 2030, lo que representa una reducción de 36% en referencia al escenario base. Estos potenciales de mitigación se presentan en la siguiente gráfica:

**Figura 14. Potencial de reducción de emisiones de CO<sub>2</sub>e en los escenarios analizados**



Fuente: Elaboración propia

#### 4.5. *Incertidumbre*

Existe una incertidumbre considerable en los resultados del estudio generada principalmente por la falta de información y estadísticas sobre el sector de transporte carretero de cargas en el país. Específicamente, los factores que introducen la incertidumbre son:

- (i) La edad de la flota: al estimar la edad de la flota se puede subestimar o sobreestimar el consumo de combustible, las emisiones y el grupo de camiones ideales para la implementación de ciertas medidas;
- (ii) Los factores de emisión y consumo: que son sensibles al entorno dependiendo de la calidad del combustible, las características del terreno donde se realiza la actividad (plano, montañoso) y la altura (que tiene implicaciones en el proceso de combustión), por tanto son datos muy locales y la utilización de fuentes internacionales incrementa el error en las estimaciones;
- (iii) Las perspectivas de crecimiento de la carga: las cuales no están plasmadas en un documento de política con estrategias claras y un plan de implementación establecido, por lo que no existen acciones nacionales que promuevan el cumplimiento de esta meta, introduciendo incertidumbre en el largo plazo;
- (iv) Carencia de estudios de mercado que permitan determinar la disponibilidad de las tecnologías a nivel nacional, su costo y por ende, la gradualidad de la implementación; esto genera incertidumbre no solo sobre los costos de los escenarios, sino sobre las emisiones acumuladas a 2030, debido a que el análisis asume su total disponibilidad desde 2017.

#### 4.6. *Costos de implementación*

La estimación de los costos de implementación serán presentados en la siguiente versión.

#### 4.7. *Co-beneficios*

Según el Victoria Transport Policy Institute (VTPI 2015), la implementación de medidas tecnológicas y de gestión en el transporte carretero de cargas generaría diversos cobeneficios que incluyen: reducción de costos de mantenimiento de las vías, incremento de la seguridad vial, mitigación de emisiones de contaminantes a la atmósfera e impactos asociados a la salud, mejora la habitabilidad al reducir las externalidades del tráfico como el ruido, incremento de la competitividad al reducir costos de mantenimiento y combustibles a los transportadores, y en menor medida, reduce la congestión.

El presente estudio se enfocó en la cuantificación de la emisión de los contaminantes del aire, tales como PM y NO<sub>x</sub>, así como en los costos del combustible. En el primer caso, dichas partículas están asociadas a muertes por enfermedades del corazón y derrames cerebrales, así como con

enfermedades respiratorias y cáncer (OPS 2014). Al respecto, la Organización Mundial de la Salud estima que en 2012 la contaminación atmosférica provocó la muerte de 3,7 millones de personas menores de 60 años (OMS 2014). En el segundo, los costos del combustible están relacionados directamente con el costo del transporte, la competitividad de las empresas y de la economía.

Para la estimación de las emisiones y las reducciones de PM y NOx se utilizaron factores obtenidos de la literatura internacional para cada una de las tecnologías, como se describe a continuación:

**Tabla 15. Factores de emisión de PM y Nox para las diferentes tecnologías**

<i>Tecnología</i>	<i>Factor de Emisión NO<sub>x</sub></i>	<i>Unidades</i>	<i>Factor de emisión PM</i>	<i>Unidades</i>	<i>Fuente</i>
Euro 0	11,97	g/km	0,426	g/km	Estándares europeos para Euro 0
Euro III	6,656	g/km	0,13	g/km	Estándares europeos para Euro III
Euro V	2,413	g/km	0,022	g/km	Estándares europeos para Euro V
Chinos	7,86	g/km	0,09	g/km	Estudio de mercado para Euro III en China 2013

Fuente: elaboración propia con base en ICCT 2013 y EEA 2013

Aplicando dichos factores a la Ecuación 3, se observa que los escenarios de análisis darían como resultado las siguientes emisiones de contaminantes del aire:

**Tabla 16. Estimación de reducción de emisiones de PM y Nox para cada escenario**

<i>Escenario</i>	<i>Emisiones PM acumuladas a 2030 (t)</i>	<i>Emisiones PM anuales (t)</i>	<i>Emisiones NO<sub>x</sub> acumuladas a 2030 (t)</i>	<i>Emisiones NO<sub>x</sub> anuales (t)</i>
Línea base	202.591.457	12.661.966	7.298.907.021	456.181.689
Escenario 1	186.483.574	11.655.223	6.346.225.437	396.639.090
Escenario 2	173.180.238	10.823.765	5.571.698.810	348.231.176

Fuente: elaboración propia

Esto quiere decir que al implementar el grupo de medidas incluidas en el escenario 1 se obtendría una reducción anual de emisiones de 1.006.743 t PM/año y 59.542.599t NO<sub>x</sub>/año. Esto equivale a una reducción de 16.107.883 t PM y 952.681.584 t NO<sub>x</sub> aculada a 2030. En el escenario 2 las reducciones anuales ascenderían a 1.838.201 t PM/año y 107.950.513 t NO<sub>x</sub>/año, lo que significaría una reducción acumulada a 2030 de 29.411.218 t PM y 1.727.208.211 t NO<sub>x</sub>.

Para el calculo de la reducción del gasto en combustible se utilizó como valor de referencia AR\$18,97, el cual es el costo del litro de diésel a 1 de mayo de 2016. No se consideraron los subsidios. Los resultados se muestran en la siguiente tabla:

**Tabla 17. Estimación del gasto en combustible para cada escenario**

<i>Escenario</i>	<i>Litros de diésel acumulados a 2030 (millones)</i>	<i>Litros de diésel anuales (millones)</i>	<i>Costo acumulado a 2030 (\$AR)</i>	<i>Costo anual (\$AR)</i>
Línea base	381.596.337	23.849.771	7.238.882.520.132	452.430.157.508
Escenario 1	305.471.285	19.091.955	5.794.790.289.399	362.174.393.087
Escenario 2	242.648.908.	15.165.556	4.603.049.793.434	287.690.612.090

Fuente: Elaboración propia

Estos resultados indican que en el escenario 1 se ahorrarían cerca de \$AR 1.444.092 miles de millones acumulados a 2030 o \$AR 90.255 miles de millones al año. En el escenario 2 se ahorrarían \$AR 2.635.832 miles de millones a 2030 o el equivalente a \$AR 164.739 miles de millones al año.

#### 4.8. Barreras

La identificación de barreras que dificultarían la adopción de las tecnologías y prácticas de gestión consideradas en el presente estudio se desarrolló con la herramienta de identificación de barreras y acciones requeridas elaborada por la Agencia Alemana de Cooperación Técnica (GIZ 2014):

**Tabla 18. Barreras frente a la adopción de las medidas consideradas en el estudio y acciones requeridas para superarlas**

<i>Tipo de barrera</i>	<i>Barreras identificadas para la implementación de las medidas</i>	<i>Acción requerida</i>
Políticas y sociales	La necesidad de invertir en tecnologías y capacitaciones puede ser percibido por el gremio transportador como un incremento en el costo del transporte que afectaría el volumen de cargas y por último la generación de empleo.	El desarrollo de estudios técnicos que permita estimar los beneficios de la implementación de dichas tecnologías y el análisis de experiencias internacionales podría proveer información clave para superar esta barrera. El involucramiento de representantes del gremio en la elaboración de los términos de referencia y socialización permanente de los avances y resultados del estudio reduciría el rechazo por parte de estos actores clave.
Regulatorias	Subsidios al combustible, desincentivando la implementación de tecnologías y prácticas de eficiencia energética, como por ejemplo la eco-conducción.	Desarrollo de incentivos financieros y regulatorios para favorecer la adopción de tecnologías limpias, p.ej. reducción de IVA, reducción de impuesto a al renta, mecanismos de depreciación acelerada. Establecimiento de metas de eficiencia energética a la industria transportadora.
Financieras	Las tecnologías consideradas requieren importantes inversiones iniciales y algunas empresas	Generación de líneas de crédito “verdes” especializadas en tecnologías limpias para el sector transporte con intereses bajos. Estas se pueden construir en asociación



Falta de conocimiento/ Capacidades /Conciencia	<p>transportadoras no pueden contar con la disponibilidad de recursos. Los largos periodos de retorno de dichas tecnologías entran en conflicto con los horizontes temporales de corto plazo que manejan los empresarios. Falta de conocimiento sobre el funcionamiento de las tecnologías o sus costos de mantenimiento. Conocimiento erróneo sobre malas prácticas y falta de conciencia sobre su incidencia en las problemáticas ambientales. Falta de capacidades para regular el segmento informal del sector, afectando la capacidad de mitigación.</p>	<p>con bancos de segundo y primer piso, mezclando capital de cooperación internacional, recursos privados del sector financiero y recursos públicos.</p> <p>Generar capacidad institucional e individual a través de talleres de capacitación, cursos y estudios, seguido por una estrategia comprensiva de generación de capacidades donde sistemáticamente se transfiera conocimiento a agentes del gobierno y privados. Desarrollo de regulación sobre eco-conducción para las empresas de transporte. Desarrollo de una estrategia de formalización con beneficios para afiliados, p.ej. horarios laborales fijos, prestaciones sociales legales.</p>
Tecnológicas	<p>Baja penetración en el mercado de algunas tecnologías. La ausencia de mercado para otras tecnologías. Carencia de pruebas en campo de tecnologías lo cual no permite conocer su desempeño real en el contexto nacional y por tanto su potencial de mitigación de emisiones de GEI.</p>	<p>Implementar estrategias de transferencia tecnológica a través de los mecanismos de cooperación existentes (p.ej. cooperación sur-sur, norte-sur, triangular) y de los mecanismos financieros enfocados en tecnología limpia (p.ej. el clean technology fund), para superar barreras, generar mercados y aprovechar las lecciones aprendidas de países con experiencia. Desarrollo de pruebas en campo de las tecnologías analizadas para identificar el desempeño en las vías argentinas. Asociación con sector privado la generación de capacidades (p.ej. capacitación en mantenimiento, fabricación de autopartes) y generación de mercado.</p>
MRV	<p>Falta de información para establecer un MRV robusto que permita garantizar la correcta implementación de las medidas y por ende la reducción efectiva de las emisiones</p>	<p>Desarrollo de estudios técnicos periódicos por parte de una institución designada con el fin de conocer el desempeño de las variables relevantes para monitorear el desempeño del sector transporte. Actualizar esta información en páginas web oficiales de manera periódica y hacerlas accesibles al público.</p>

Fuente: Elaboración propia con base en GIZ 2014

## 5. Conclusiones y recomendaciones

A partir del análisis desarrollado en el documento se identifica un potencial importante de mejora de eficiencia energética al interior del sector TAC y sus emisiones asociadas como resultado de la implementación de medidas tecnológicas (renovación del material rodante, retrofits) y de gestión (conducción eficiente, mantenimiento). Las reducciones del consumo de combustible y emisiones de GEI serían del orden del 20% considerando un grupo moderado de medidas o 36% en un escenario más ambicioso.

Aunque las innovaciones tecnológicas pueden presentar reducciones marginales de manera individual, estas en conjunto pueden significar beneficios importantes para el desarrollo sostenible. Por ejemplo, al implementar el grupo de medidas incluidas en el escenario 1 se obtendría una reducción anual de emisiones de 1.006.743 tPM/año y 59.542.599t NOx/año. Esto equivale a una reducción de 16.107.883 t PM y 952.681.584 t NOx aculada a 2030. En el escenario 2 las reducciones anuales ascenderían a 1.838.201 t PM/año y 107.950.513 t NOx/año, lo que significaría una reducción acumulada a 2030 de 29.411.218 t PM y 1.727.208.211 t NOx.

Si bien la metodología para realizar estas estimaciones es conservadora y técnicamente sólida, los resultados presentan limitaciones debido a la calidad y disponibilidad de información del sector. Sin embargo, los resultados son un buen indicador del potencial real de las medidas analizadas y podrían representar un primer paso para orientar la formulación de políticas públicas y las inversiones del sector.

Entendiendo el rol que continuará teniendo el TAC en la Argentina, se requiere avanzar hacia un mayor conocimiento del sector, estableciendo mecanismos sistémicos de recolección de información, que permitan obtener mayor precisión en los potenciales de reducción de GEI y consumo de combustible estimados en el presente informe.

De las experiencias internacionales en gestión que se analizan en el documento se destacan las capacitaciones de conductores en conducción eficiente, las bolsas de carga y el sello smartway; las cuales no solo participan en los resultados de reducciones de GEI y combustible, sino que también incrementan la eficiencia y competitividad del sector. Dentro de los beneficios entregados se incluye la reducción de necesidades de mantenimiento, la disminución de viajes en vacío, el monitoreo del desempeño de la flota, entre otras.

El enfoque Evitar-Cambiar-Mejorar resulta una herramienta de gran utilidad, pues permite considerar un amplio abanico de opciones para la reducción del combustible y emisiones de GEI, que se ajustan a cada modo y territorio. Promover la eficiencia energética frente a un escenario decreciente de las reservas de hidrocarburos resulta un imperativo en la realidad argentina para garantizar la seguridad energética y el adecuado desarrollo de la actividad del transporte.

Las recientes experiencias de México, Colombia y Brasil indican que aquellos países con elevada participación del sector TAC dentro del movimiento de cargas ya han identificado la necesidad y e importancia de realizar acciones para incrementar de la eficiencia al interior de este modo. El Registro Nacional de Despachos de Carga por Carretera de Colombia representa una experiencia que se recomienda tener en cuenta para sistematizar la información de la actividad del transporte de cargas a nivel nacional. Asimismo, el estándar de emisiones vehiculares de México es un ejemplo a considerar con el fin de garantizar un nivel de eficiencia energética en toda la flota de carga. Finalmente, el programa *Procamiãoheiro* de Brasil representa un modelo financiero para las medidas tecnológicas consideradas en el presente estudio y que podría replicarse en el país.

La implementación de las medidas analizadas en este informe, así como la consideración de las experiencias internacionales, entregaría además beneficios en términos de competitividad a nivel nacional. Al reducir el gasto en combustible y mantenimiento se liberan recursos para inversión, disminuir el costo del transporte incrementa el ingreso de los productores de carga, se incentiva la producción, la comercialización y la exportación.

## Bibliografía

Albeniz Tyre Labelling 2016, Tyre Labelling Regulations, visto el 16 de marzo de 2016 <http://albeniztyrelabelling.com/tyre-labelling-regulations/>

Alessandrini, A, Cattivera, A, Filipi, F, & Ortenzi, F n.d., Driving style influence on car CO2 emissions, Centre for Transport and Logistics, visto el 24 de noviembre de 2015, <https://www3.epa.gov/ttnchie1/conference/ei20/session8/acattivera.pdf>

Apoyo Consultoría 2012, Propuesta de implementación del Plan de Chatarreo para Vehículos de Transporte Público, Perú.

Banco Mundial 2010, Logística: Análisis y opciones para resolver sus desafíos estratégicos, Buenos Aires.

Banco Mundial n.d., World Bank NLTA: Mainstreaming Green Trucks in Brazil, Brazil Green Freight Transport Report, Banco Mundial, visto el 25 de octubre de 2015, [http://siteresources.worldbank.org/BRAZILINPOREXTN/Resources/3817166-1323121030855/Green\\_Freight.pdf?resourceurlname=Green\\_Freight.pdf](http://siteresources.worldbank.org/BRAZILINPOREXTN/Resources/3817166-1323121030855/Green_Freight.pdf?resourceurlname=Green_Freight.pdf)

Barbero J, Polo C, Galeota C, Cruz L, y Rodríguez R 2015, Estudio de Potncial de Mitigación: Recuperación del sistema ferroviario argentino, Tercera Comunicación Nacional de la República Argentina a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático, Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable, Buenos Aires.

Barbero, J, y Uechi, L 2013, Evaluación de la disponibilidad y la calidad de datos sobre el transporte en América Latina, Banco Interamericano de Desarrollo.

Barbero, J, Alvarez, D, Abad, J, Regueiro, D, Ochoa, R, Gartner, A 2011, “Lineamientos de Políticas Públicas para la Logística de Cargas” Secretaría de Política Económica.

BNDES n.d., Programa BNDES de Financiamento a Caminhoneiros – BNDES Procaminhoneiro, visto el 6 de diciembre de 2015, <http://www.bndes.gov.br/apoio/procaminhoneiro>

C3T 2007, El transporte automotor de cargas en Argentina, Centro Tecnológico de Transporte, Tránsito y Seguridad Vial, Universidad Tecnológica Nacional, visto el 11 de abril de 2016, <http://www.edutecne.utn.edu.ar/transporte/capitulos.htm#inicio>

C3T 2013, Distribución modal de las cargas de cabotaje de larga distancia en Argentina y un conjunto de países seleccionados, Centro Tecnológico de Transporte, Tránsito y Seguridad Vial,

Universidad Tecnológica Nacional, visto el 16 de noviembre de 2015, <http://c3t.fra.utn.edu.ar/?p=251>

CATAC 2014, <http://www.catac.org.ar/pdf/277.pdf>

CCAP s.f., CCAP Transportation Emissions Guidebook, visto el 12 de diciembre de 2015, [http://www.ccap.org/safe/guidebook/guide\\_complete.html](http://www.ccap.org/safe/guidebook/guide_complete.html)

CIA 2014, The World Factbook 2014, Central Intelligence Agency, visto el 10 de diciembre de 2015, <https://www.cia.gov/library/publications/the-world-factbook/geos/ar.html>

CNT 2012, Caminhoneiro amigo do meio ambiente, Despoluir – Programa Ambiental do Transporte, Confederação Nacional do Transporte, Brasília.

CONPET 2014, Petrobras aprimora versão do aplicativo gratuito do CONPET com consumo de combustível de automóveis, visto el 6 de diciembre de 2015, [http://www.conpet.gov.br/portal/conpet/pt\\_br/noticia/petrobras-aprimora-versao-do-aplicativo-gratuito-do-conpet-com-consumo-de-combustivel-de-automoveis.shtml](http://www.conpet.gov.br/portal/conpet/pt_br/noticia/petrobras-aprimora-versao-do-aplicativo-gratuito-do-conpet-com-consumo-de-combustivel-de-automoveis.shtml)

DEFRA 2012, 2012 Guidelines to Defra / DECC's GHG Conversion Factors for Company Reporting, Department for Environment, Food & Rural Affairs, visto el 10 de febrero de 2016, [https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment\\_data/file/69554/pb13773-ghg-conversion-factors-2012.pdf](https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/69554/pb13773-ghg-conversion-factors-2012.pdf)

Departamento Nacional de Planeación 2007, Política Nacional de Transporte Público Automotor de Carga, Departamento Nacional de Planeación, Bogotá.

Departamento Nacional de Planeación 2008, Política Nacional Logística, Departamento Nacional de Planeación, Bogotá.

Departamento Nacional de Planeación 2013, Documento Conpes 3759: Lineamientos de política para la modernización del transporte automotor de carga y declaratoria de importancia estratégica del programa de reposición y renovación del parque automotor de carga, Departamento Nacional de Planeación, Bogotá.

Departamento Nacional de Planeación 2013, Lineamientos de Política para la Modernización del Transporte Automotor de Carga y Declaratoria de Importancia Estratégica del Programa de Reposición y Renovación del Parque Automotor de Carga, Departamento Nacional de Planeación, Bogotá.

Department of Planning Transport and Infrastructure – DPTI n.d., Toolbox: tyre comparison, Government of South Australia, visto el 2 de diciembre de 2015, [http://www.lowemissionvehicles.sa.gov.au/\\_data/assets/pdf\\_file/0019/111826/7243963.pdf](http://www.lowemissionvehicles.sa.gov.au/_data/assets/pdf_file/0019/111826/7243963.pdf)

Dirección Nacional de los Registros Nacionales de la Propiedad del Automotor y de Créditos Prendarios 2015, Boletines Estadísticos 1997 – 2015, visto el 25 de marzo de 2016, [http://www.dnrpa.gov.ar/portal\\_dnrpa/boletines\\_estadisticos.php](http://www.dnrpa.gov.ar/portal_dnrpa/boletines_estadisticos.php)

EEA 2013, Road user charges for heavy goods vehicles (HGV): Tables with external costs of air pollution, EEA technical report No1/2013, European Environment Agency, Luxemburgo.

EPA 2005, Idle Reduction for Shippers: A Glance at Clean Freight Strategies, Fact sheet 16, visto el 22 de noviembre de 2015, <https://www3.epa.gov/smartway/forshippers/documents/420f16005.pdf>

EPA 2015, SmartWay Technology: About the SmartWay Technology Program, visto el 20 de noviembre de 2015, <https://www3.epa.gov/smartway/forpartners/technology.htm>

EPA 2016, SmartWay Transport Overview, Environmental Protection Agency, Visto el 14 de abril de 2016, <https://www3.epa.gov/smartway/about/documents/basics/420f16011.pdf>

FADEACC 2009, Se inició la operatoria del “Plan Canje” para camiones de más de 30 años, visto el 9 de noviembre de 2015, <http://www.fadeeac.org.ar/index.php/noticias/137-se-inicio-formalmente-la-operatoria-del-plan-canje-para-camiones-de-mas-de-30-anos>

GIZ 2014, Instrument: identification of barriers and supportive and organisational measures, Agencia Alemana de Cooperación Técnica, visto el 15 de agosto de 2016, [http://transport-namas.org/wp-content/uploads/2014/04/GIZ\\_TRANSfer\\_Tool-1-3-1\\_Identification-of-barriers-supportive-organisational-measures.pdf](http://transport-namas.org/wp-content/uploads/2014/04/GIZ_TRANSfer_Tool-1-3-1_Identification-of-barriers-supportive-organisational-measures.pdf)

[http://energia3.mecon.gov.ar/contenidos/archivos/Reorganizacion/informacion\\_del\\_mercado/publicaciones/energia\\_en\\_gral/balances\\_2015/flujograma\\_energetico\\_2012\\_rev\\_c.pdf](http://energia3.mecon.gov.ar/contenidos/archivos/Reorganizacion/informacion_del_mercado/publicaciones/energia_en_gral/balances_2015/flujograma_energetico_2012_rev_c.pdf)

ICCT 2015, “Literature review: Real-world fuel consumption of heavy-duty vehicles in the united states, china, and the european union”, International Council on Clean Transportation, visto el 1 de mayo de 2016, [http://www.theicct.org/sites/default/files/publications/ICCT\\_HDV\\_FC\\_lit-review\\_20150209.pdf](http://www.theicct.org/sites/default/files/publications/ICCT_HDV_FC_lit-review_20150209.pdf)

ICCT 2013, Investigation of Diesel Emissions in China, International Council on Clean Transportation, visto el 11 de noviembre de 2015, [http://www.theicct.org/sites/default/files/publications/Investigation\\_of\\_Diesel\\_Emissions\\_in\\_China\\_Oct\\_2013\\_final.pdf](http://www.theicct.org/sites/default/files/publications/Investigation_of_Diesel_Emissions_in_China_Oct_2013_final.pdf)

IDEA 2006, Guía para la Gestión del Combustible en las Flotas de Transporte por Carretera, Ministerio de Industria, Turismo y Comercio, Madrid.

INDEC 2013 Estimaciones y proyecciones de población 2010-2040. : total del país. - 1a ed. Ciudad Autónoma de Buenos Aires: Instituto Nacional de Estadística y Censos, Ministerio De Economía. Visto el 29 de abril de 2016, [http://www.indec.mecon.ar/nuevaweb/cuadros/2/proyeccionesyestimaciones\\_nac\\_2010\\_2040.pdf](http://www.indec.mecon.ar/nuevaweb/cuadros/2/proyeccionesyestimaciones_nac_2010_2040.pdf)

INDEC 2015 Anuario Estadístico de la República Argentina 2014. - 1a ed . - Ciudad Autónoma de Buenos Aires : Instituto Nacional de Estadística y Censos, Ministerio De Economía. Visto el 29 de abril de 2016, [http://www.indec.gov.ar/ftp/cuadros/sociedad/anuario\\_estadistico\\_2014.pdf](http://www.indec.gov.ar/ftp/cuadros/sociedad/anuario_estadistico_2014.pdf)

International Energy Agency 2012, Technology Roadmap: Fuel Economy of Road Vehicles, International Energy Agency, visto el 20 de octubre de 2015, [http://www.iea.org/publications/fueleconomy\\_2012\\_final\\_web.pdf](http://www.iea.org/publications/fueleconomy_2012_final_web.pdf)

Iriarte, L, Brieva, S, Santarelli, S 2005, Cuentapropismo: acuerdos y selectividad espacial, Un análisis del sistema de transporte automotor de cargas granarias en el centro-Sur de la provincia de Buenos Aires, Bahía Blanca

ITBA 2006, Transporte Terrestre de Agrograneles, Mejoras en la competitividad para la exportación, Instituto Tecnológico de Buenos Aires, Buenos Aires

ITBA 2015, “Guía de herramientas, normas y bases de datos para una logística sustentable”, Observatorio de Logística y Sustentabilidad, Buenos Aires.

Lliatis, R y Sanchez, J 2011 , “Transporte Carretero de Cargas” Voces en el Fénix Año 2 Número 9, 50-55

Melo, G 2015, ‘Diseño de una NAMA del transporte automotor de carga en Colombia’, presentación realizada en el webinar Transporte de cargas bajo en emisiones i: situación, tendencias y experiencias en transporte de cargas bajo en emisiones en Latinoamérica, 4 de marzo de 2015, visto el 4 de diciembre de 2015, <http://ledslac.org/webinar-transporte-de-cargas-bajo>

Michelin 2003, The tyre: rolling resistance and fuel savings, Société de Technologie Michelin, visto el 18 de noviembre de 2015, [http://www.dimnp.unipi.it/guiggiani-m/Michelin\\_Tire\\_Rolling\\_Resistance.pdf](http://www.dimnp.unipi.it/guiggiani-m/Michelin_Tire_Rolling_Resistance.pdf)

Michellin Truck n.d., Seleccionando llantas para camión que se adapten a tu aplicación, visto el 14 de noviembre de 2015, [http://www.michelintruck.com/es\\_MX/tires-and-retreads/tires/tires-101/tire-selection-tips/](http://www.michelintruck.com/es_MX/tires-and-retreads/tires/tires-101/tire-selection-tips/)

Ministerio de Energía y Minería 2016, Refinación y Comercialización de Petróleo, Gas y Derivados (Tablas Dinámicas), Ciudad Autónoma de Buenos Aires, visto el 23 de abril de 2016, <http://energia3.mecon.gov.ar/contenidos/verpagina.php?idpagina=3300>

Ministerio de Energía y Minería, 2015, Balance Energético Nacional – Año 2012, Ciudad Autónoma de Buenos Aires, visto el 23 de abril de 2016,

Ministerio de Transporte 2013, Transporte en Cifras: Estadísticas 2013, Oficina Asesora de Planeación, Bogotá.

NAP 2010, Technologies and Approaches to Reducing the Fuel Consumption of Medium- and Heavy-Duty Vehicles, The National Academies Press, visto el 12 de noviembre de 2015, <http://www.nap.edu/read/12845/chapter/1>

Natural Resources Canada 2015, Fuel efficient driving techniques: avoid High Speeds, visto el 26 de noviembre de 2015, <http://www.nrcan.gc.ca/energy/efficiency/transportation/cars-light-trucks/fuel-efficient-driving-techniques/7513>

Natural Resources Canada 1999, Fuel Efficiency Benchmarking in Canada's Trucking Industry, visto el 28 de noviembre de 2015, <http://www.nrcan.gc.ca/energy/efficiency/transportation/commercial-vehicles/reports/7607>

Nissan 2010, The Renault-Nissan Alliance and the Government of Chile sign Memorandum of Understanding to study the introduction of zero emissions mobility, Nissan Motor Corporation, visto el 28 de abril de 2015, [http://www.nissan-global.com/EN/NEWS/2010/\\_STORY/101020-01-e.html](http://www.nissan-global.com/EN/NEWS/2010/_STORY/101020-01-e.html)

Nokian tyres 2010, Truck Tyre Rolling Resistance and Fuel Economy & Safety, visto el 4 de diciembre de 2015, <http://www.nvfnorden.org/lisalib/getfile.aspx?itemid=3161>

Observatorio Regional Transporte de Carga y Logística 2012, Transporte de Carga Perfil por País, Banco Interamericano de Desarrollo, visto el 10 de abril de 2016, <http://logisticsportal.iadb.org/>

Observatorio Vial 2015, Serie Histórica del Parque Automotor 1966 – 2014, visto el 20 de enero de 2016, <http://observatoriovial.seguridadvial.gov.ar/>

OECD 2011, Moving freight with better trucks: improving sustainability, Publicaciones OECD.

Office of Energy Efficiency and Renewable Energy 2012, Fact #710: Engine energy use for heavy trucks: where does the energy go?, visto el 10 de noviembre de 2015,



<http://energy.gov/eere/vehicles/fact-710-january-16-2012-engine-energy-use-heavy-trucks-where-does-energy-go>

ONDaT 2016, Patentamientos DNRPA, Observatorio Nacional de Datos de Transporte, visto el 12 de noviembre de 2015, <http://ondat.fra.utn.edu.ar/>

ONDaT 2016, Evolución del Parque Automotor por Categoría, Observatorio Nacional de Datos de Transporte, visto el 12 de noviembre de 2015, <http://ondat.fra.utn.edu.ar/>

ONDaT 2016, Parque Automotor de Argentina por Provincia, Observatorio Nacional de Datos de Transporte, visto el 12 de noviembre de 2015, <http://ondat.fra.utn.edu.ar/>

OPS 2014, La calidad del aire se está deteriorando en muchas de las ciudades del mundo, Organización Panamericana de la Salud, visto el 14 de noviembre de 2016, [http://www.paho.org/arg/index.php?option=com\\_content&view=article&id=1314:la-calidad-del-aire-se-esta-deteriorando-en-muchas-de-las-ciudades-del-mundo&Itemid=228](http://www.paho.org/arg/index.php?option=com_content&view=article&id=1314:la-calidad-del-aire-se-esta-deteriorando-en-muchas-de-las-ciudades-del-mundo&Itemid=228)

OMS 2014, Calidad del aire (exterior) y salud, Organización Mundial de la Salud, visto el 12 de noviembre de 2015, <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs313/es/>

Osorio, K 2015, Caracterización aerodinámica de un vehículo pesado, Tesis de Maestría, Universidad Nacional Autónoma de México, México.

Petrobras 2010, Selo Verde lançado no Rio para reduzir emissões, visto el 8 de diciembre de 2015, <http://fatosedados.blogspotpetrobras.com.br/2010/05/13/selo-verde-e-lancado-no-rio-com-objetivo-de-reduzir-emissao-de-gases-dos-caminhoes%E2%80%8E/>

Returnloads 2015, What Are The Benefits of Freight Exchange Websites?, visto 30 de noviembre de 2015, <https://www.returnloads.net/blog/benefits-of-freight-exchange/>

Sánchez, J 2011, “Distribución modal de las cargas de cabotaje de larga distancia en Argentina y un conjunto de países seleccionados”. Apostillas técnicas, C3T-UTN, Buenos Aires

Schmid G 2015, ‘Un Sistema de Medir, Reportar y Verificar la NAMA Autotransporte Federal de Carga México’, NAMA de Autotransporte Federal de Carga en México: material presentado en el webinar sobre la experiencia mexicana en el diseño y financiación de una NAMA de transporte carretero de carga, 4–6 noviembre 2015, OLADE, visto el 8 de noviembre de 2015, <http://expertosenred.olade.org/cambioclimatico/webinars/serie-nama-de-autotransporte-federal-de-carga-en-mexico/>

Schmid, G 2014, 'Freight Transport NAMAs in COL and MEX', MAIN: material presentado en el taller sobre experiencias regionales en transporte sostenible en Latinoamérica, 27–29 octubre 2014, Center for Clean Air Policy, Washington DC.

Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sostenible de la Nación, 2015<sup>a</sup>, Sistema de Indicadores de Desarrollo Sostenible: 8va Edición, Ciudad Autónoma de Buenos Aires, visto el 23 de abril de 2016, [http://estadisticas.ambiente.gob.ar/archivos/web/Indicadores/file/multisitio/publicaciones/Indicadores\\_2015\\_internet.pdf](http://estadisticas.ambiente.gob.ar/archivos/web/Indicadores/file/multisitio/publicaciones/Indicadores_2015_internet.pdf)

Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sostenible de la Nación, 2015b. Inventario de Gases de Efecto Invernadero de la República Argentina – Años 2010 y 2012 Volumen 1 - Energía, Tercera Comunicación Nacional de la República Argentina a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, Ciudad Autónoma de Buenos Aires, visto el 23 de abril de 2016, <http://www.ambiente.gov.ar/archivos/web/ProyTerceraCNCC/file/1.%20Inventario%20GEIs%20-%20Energ%C3%ADa.pdf>

Secretaría de Comunicaciones y Transporte 2012, Competitividad del autotransporte federal: Esquema de Renovación del Parque Vehicular del Autotransporte, visto el 16 de octubre de 2015, <http://www.sct.gob.mx/transporte-y-medicina-preventiva/autotransporte-federal/competitividad-del-autotransporte/esquema-de-chatarrizacion/>

Secretaría de Energía 2014, Balance Energético Nacional, Ministerio de Planificación Federal, Inversión Pública y Servicios, visto el 4 de junio de 2015, <http://energia3.mecon.gov.ar/contenidos/verpagina.php?idpagina=3366>

SEMARNAT 2014, Acerca del programa, visto el 16 de octubre de 2015, <http://www.semarnat.gob.mx/temas/gestion-ambiental/calidad-del-aire/transporte-limpio/acerca-del-programa>

UNFCCC 2016, Project Search, visto el 16 de marzo de 2016, <https://cdm.unfccc.int/Projects/projsearch.html>

UNFCCC 2016, Public NAMA site, visto el 18 de marzo de 2016, <http://www4.unfccc.int/sites/nama/SitePages/Home.aspx>

Universidad Politécnica de Cataluña 2009, Conducción eficiente: para conductores de turismos, Instituto Catalán de energía, Cataluña.

UNSAM 2012, Propuestas para una política nacional de transporte ferroviario de cargas, Instituto Tecnológico Ferroviario, Buenos Aires.

Viglizzo, E, Jobbágy, E 2010 Expansión de la Frontera Agropecuaria en Argentina y su impacto Ecológico-Ambiental, visto el 4 de abril de 2016, [http://www.iai.int/wp-content/uploads/expansion\\_frontera\\_agropecuaria\\_2010.pdf](http://www.iai.int/wp-content/uploads/expansion_frontera_agropecuaria_2010.pdf)

VTPI 2015, Energy Conservation and Emission Reduction Strategies, TDM enciclopedia, visto el 28 de noviembre de 2015, <http://www.vtpi.org/tdm/tdm59.htm>