

# Manual para la Evaluación de Proyectos de Eficiencia Energética en el Sector Transporte

Dirigido a  
Clientes de Instituciones Financieras

**CAF** BANCO DE DESARROLLO  
DE AMÉRICA LATINA





# Glosario

**Biodiésel:** combustible que se obtiene a partir de grasas naturales como aceites vegetales o animales y puede ser sustituto total o parcial del diésel.

**Bioetanol:** alcohol combustible que puede producirse a partir de biomasa, generalmente se produce en el proceso de producción de la caña de azúcar.

**Catalizador:** componente del motor en vehículos que sirve para el control y reducción de los gases nocivos expulsados por el motor.

**Dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>):** es el principal gas de efecto invernadero emitido principalmente a través del uso del transporte y la industria, la producción de energía eléctrica, la agricultura y la deforestación.

**Eficiencia energética:** es la forma de gestionar y limitar el crecimiento del consumo de energía. Un proceso más eficiente puede producir más bienes o servicios con la misma o menor cantidad de energía. Por ejemplo, una bombilla fluorescente compacta (CFL) utiliza menos energía que una bombilla incandescente para producir la misma cantidad de luz.

**Gases de efecto invernadero (GEI):** los gases de efecto invernadero son la principal causa del calentamiento global. La mayoría de estas sustancias como el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), el metano (CH<sub>4</sub>), los óxidos nitrosos (NO<sub>x</sub>), entre otros, son liberados a la atmósfera por la actividad humana.

**Global Fuel Economy Initiative (GFEI):** organización que trabaja para garantizar mejoras reales en la economía de combustible en los vehículos existentes en todo el mundo.

**Hidrocarburos (HC):** son partículas que no reaccionaron en la combustión o lo hicieron parcialmente, generan lo que se conoce como el smog de las ciudades y es altamente tóxico para la salud.

**Light duty vehicle (LDV):** vehículo de trabajo liviano.



**Líneas de financiamiento verde:** Las líneas de financiamiento verde buscan el desarrollo de proyectos que promuevan la protección y conservación del medio ambiente, para la implementación de proyectos en eficiencia energética, energía renovable o producción más limpia. Dichos proyectos deben contar con la revisión y verificación de los beneficios ambientales que se van a obtener después de la inversión.

**Material particulado (MP):** acumulación de pequeñas piezas sólidas o partículas de líquidos en la atmósfera, estas son generadas a partir de contaminación proveniente de la actividad humana.

**Monóxido de carbono (CO):** resultado de la combustión incompleta debido a la ineficiencia de tecnologías de combustión. Uno de los efectos nocivos es que disminuye la capacidad natural de la sangre para cargar oxígeno en las células.

**Organisation for Economic Cooperation and Development (OECD):** organización que promueve políticas que mejoran el bienestar económico y social de las personas a nivel global, integrada por las economías más desarrolladas.

**Óxidos de nitrógeno (NOx):** es un potente gas de efecto invernadero generado en la producción de fertilizantes comerciales y orgánicos, la combustión de combustibles fósiles y la quema de biomasa.

**Partes por millón (ppm):** unidad de medida con la que se mide la concentración de contaminantes en una corriente de gases o en la atmósfera.

**Periodo de retorno simple:** es la cantidad de tiempo que demora una inversión en pagarse basado en el flujo de caja del proyecto. Por ejemplo, el período de retorno simple de una inversión de 300 USD con ahorros anuales de 100 USD tiene un periodo de retorno simple de 3 años.

**Valor ex ante:** valor de una variable medida antes del cambio tecnológico en los proyectos de eficiencia energética.

**Valor ex post:** valor de una variable medida después del cambio tecnológico en los proyectos de eficiencia energética.



# Tabla de conversiones

En la tabla 1 se presentan las unidades utilizadas en este manual que sirven como referencia para las diferentes conversiones de unidades que se encuentran a lo largo del documento.

**Tabla 1.** Tabla de conversión de unidades.

Potencia	kilowatt (kW)	HP	BTU/h
kilowatt (kW)	1	1.341	3.412,14
HP	0,754	1	2.544.43
BTU/h	0,00293	0,0003928	1

Energía	Kilowatt-hora (kWh)	Jules	GigaJules	PetaJules	BTU
kilowatt-hora (kWh)	1	3.600.000	0,0036	3,6 e-9	3.412,14
Jules	0,000000278	1	1e-9	1e-15	0,0009478
GigaJules	277,7	1e+9	1	1e-6	947817
PetaJules	2,77 e+8	1e+15	1e+6	1	9,47e+11



## 1. Presentación

CAF -Banco de desarrollo de América Latina- tiene como misión impulsar el desarrollo sostenible y la integración regional, mediante el financiamiento de proyectos de los sectores público y privado, la provisión de cooperación técnica y otros servicios especializados. Constituido en 1970 y conformado en la actualidad por 19 países 17 de América Latina y el Caribe, junto a España y Portugal y 13 bancos privados, es una de las principales fuentes de financiamiento multilateral y un importante generador de conocimiento para la región.

CAF adelanta el desarrollo del Programa de Eficiencia Energética desde la Demanda (EE-D) y Negocios Verdes (NV) con Instituciones Financieras (IF's), cuyo objetivo principal es fomentar una mayor inversión de empresas Latinoamericanas en NV y EE-D, para lo cual CAF pone a disposición (I) financiamiento a través de las líneas de crédito que CAF mantiene con Instituciones Financieras (IF's), (II) asistencia técnica, y (III) fortalecimiento de mercados en negocios verdes y de eficiencia energética.

Este manual dirigido a los Clientes de las IF's, tiene como objetivo principal generar conocimientos y mejorar las capacidades de sus clientes y recursos de outsourcing, para identificar oportunidades de proyectos de EE; asimismo, gestionar los riesgos ambientales y sociales asociados con este tipo de proyectos.

Adicionalmente, incluye aspectos técnicos, ambientales y de inversión de proyectos para ser financiados por las IF's y los mecanismos de monitoreo, reporte y verificación de los beneficios ambientales generados por las inversiones realizadas.

Este manual es parte de un conjunto de documentos que comprende los sectores y tecnologías con mayor potencial para llevar a cabo inversiones en eficiencia energética. En la tabla 2 se presenta el conjunto de documentos elaborados para el Programa de Eficiencia Energética desde la Demanda (EE-D) y Negocios Verdes (NV) con Instituciones Financieras (IF's).

**Tabla 2.** Manuales por sector y guías por tipo de proyecto

Manuales Por Sector											
Guías Por Tipo De Proyecto	Alimentos y bebidas	Textiles	Cemento	Pulpa y papel	Siderurgia y metal mecánica	Agroindustria	Hoteles y hospitales	Alumbrado público	Grandes superficies	Transporte	
	Motores de alta eficiencia	✓	✓	✓	✓	✓					
	Cogeneración de energía	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓		
	Sustitución de combustibles	✓	✓	✓	✓		✓			✓	
	Iluminación de alta eficiencia	✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓		
	Calderas y sistemas de vapor	✓	✓		✓		✓				
	Aire acondicionado						✓		✓		
	Refrigeración	✓							✓		
	Calentamiento de agua con energía solar						✓				
	Hornos			✓		✓					
	Aire comprimido	✓	✓	✓	✓	✓					
	Energía solar fotovoltaica						✓	✓	✓		
Automatización de procesos						✓	✓	✓			

Así por ejemplo, se desarrolló la guía de para proyectos de sustitución de combustibles que es aplicable a sectores como Alimentos y Bebidas, Textil, Cementos y Transporte.



## 2. Aplicabilidad del manual

El manual de eficiencia energética para el sector transporte para clientes de las IF's, contiene información relevante relacionada con los consumos energéticos y el potencial de eficiencia energética para los diferentes procesos asociados a la logística en los diferentes sistemas de producción. El manual presenta las opciones de transporte relacionadas con procesos de producción y distribución. El transporte privado, los sistemas de transporte masivo, la aviación y el transporte marítimo, se excluyen del alcance de este manual.

Los consumos de combustible sirven como referencia sobre las mejores prácticas del sector y definen los indicadores de consumo para determinar las mejoras razonables, las reducciones de emisiones de GEI y de agentes contaminantes, que se pueden alcanzar por realizar inversiones en proyectos de eficiencia energética en el sector transporte.

El manual presenta los proyectos con mayor potencial, mostrando los diferentes niveles de inversión, posibles periodos de retorno y los ahorros estimados frente a los diferentes cambios tecnológicos.

Las oportunidades de eficiencia energética financiadas a través de líneas verdes son las más comunes para este sector, teniendo en cuenta el estado de la tecnología actual y las mejores prácticas del mercado. No significa que sean los únicos proyectos financiados en el sector, pero sí los más comunes que requieren de financiación.







### 3. Caracterización energética del proceso

El transporte es una operación transversal para la gran mayoría de procesos productivos. El uso de la energía en las operaciones de transporte se debe principalmente a la demanda de combustibles fósiles en los motores de combustión interna que utilizan los diferentes medios de transporte. Los vehículos utilitarios livianos, vehículos utilitarios pesados, aviones, embarcaciones marinas y tren utilizan cerca de 6.865,4 PJ de energía al año (IEA, 2014) en Latinoamérica, valor equivalente a más de un tercio (34% de acuerdo con la EIA) de la energía total consumida en la región.

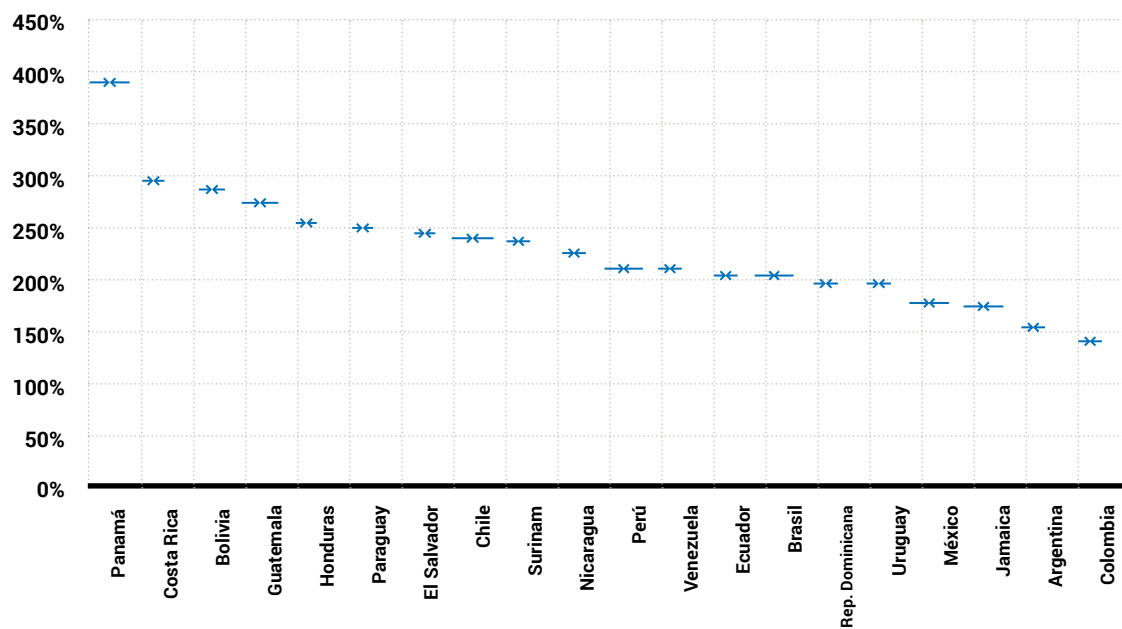
En muchos países de la región el sector transporte es el mayor consumidor de energía. La importancia relativa depende por un lado de la estructura de la demanda, el nivel de actividad, los modos de transporte utilizados, el tamaño de la flota de vehículos, etc., y por otra parte, de la importancia relativa de otros sectores, principalmente los sectores industrial, residencial y de servicios.

En la figura 1 se presenta el crecimiento que ha tenido el consumo final de energía en sector el transporte en la región, para todos los países se duplicó el consumo energético entre el periodo de 1990 y 2010.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> [http://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/37148/S1420579\\_en.pdf?sequence=1](http://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/37148/S1420579_en.pdf?sequence=1)



**Figura 1.** Crecimiento del consumo final de energía para el sector transporte en 2010 con relación al consumo en 1990.<sup>2</sup>



<sup>2</sup> OLADE, 2013, *Simulación de Medidas de Eficiencia Energética en los Sectores Industrial y Transporte de América Latina y el Caribe al Año 2030*.

En términos generales, el consumo energético en el sector transporte se relaciona con la tecnología y la eficiencia de los vehículos, así como con la calidad del combustible utilizado, aunque también inciden otras variables como las condiciones de tráfico, la propia topografía de la ciudad y las conductas de manejo. De la misma manera, el consumo energético está condicionado por la linealidad de los trayectos y sus puntos de interrupción (cruces de calles, semaforización e instalación de obstáculos que inducen la disminución de la velocidad de los vehículos), mientras más rectos y directos sean los desplazamientos, menor será el consumo de combustible por kilómetro recorrido, lo que se observa claramente en los viajes realizados en autopistas.

Por otra parte, si los vehículos que predominan en el parque automotor son de gran cilindrada y/o son de modelos antiguos, es muy probable que el consumo de combustible sea notoriamente mayor. En este sentido, las diferencias que se registran en el consumo energético de vehículos que emplean gasolina en América Latina son significativas. Según los datos expuestos en la tabla 3, el consumo energético promedio de un automóvil en Bogotá, Buenos Aires o Caracas (0,12 litros por kilómetro) puede ser un 50% mayor que el consumo energético promedio de un automóvil en Santiago (0,08 litros por kilómetro), lo que daría cuenta de las diferencias en las edades del parque automotor, los trazados viales, el estado de conservación de la red vial y la topografía de cada ciudad.<sup>3</sup>

**Tabla 3.** Consumo de energía de vehículos que emplean gasolina en principales ciudades de América Latina y el Caribe, 2007 (Litros/kilómetro).<sup>4</sup>

Ciudad	Consumo de combustible (litro/kilómetro)	Rendimiento (kilómetros/litro)
<b>Bogotá</b>	0,12	8,3
<b>Buenos Aires</b>	0,12	8,3
<b>Caracas</b>	0,12	8,3
<b>Ciudad de México</b>	0,10	10
<b>Lima</b>	0,11	9,09
<b>Montevideo</b>	0,10	10
<b>Rio de Janeiro</b>	0,10	10
<b>Santiago</b>	0,08	12,5
<b>Sao Paulo</b>	0,10	10

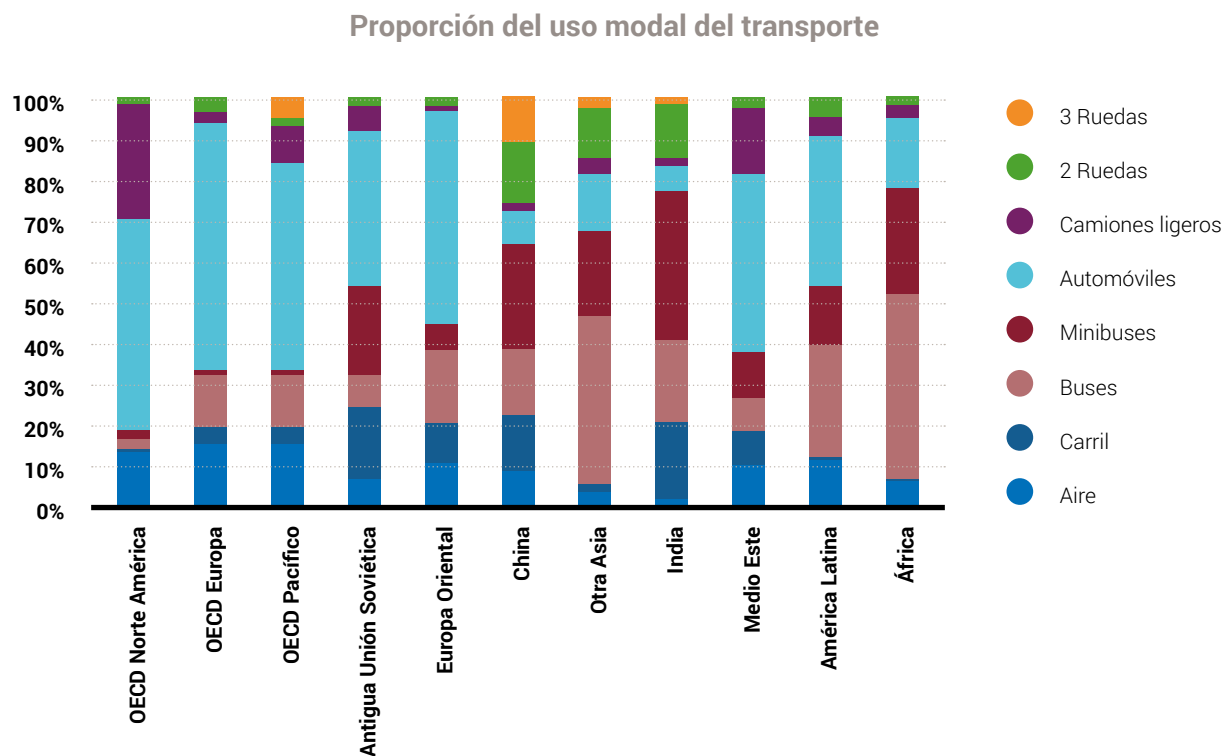
<sup>3</sup> Políticas de logística y movilidad Antecedentes para una política integrada y sostenible de movilidad [http://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/39711/1/S1501004\\_es.pdf](http://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/39711/1/S1501004_es.pdf)

<sup>4</sup> CAF (2010), "Observatorio de movilidad urbana para América Latina" <https://www.caf.com/es/temas/o/observatorio-de-movilidad-urbana/>

Los combustibles líquidos son la fuente de energía más utilizada en el transporte, en Latinoamérica los derivados del petróleo (gasolina, diésel y GLP) representan el 85% (IEA, 2014) del consumo de energía para el sector, los biocombustibles cuentan con cerca del 10% (IEA, 2014), principalmente por el uso de biodiésel y etanol en países como Brasil y Colombia; el uso de gas natural como combustible representa el 5% (IEA, 2014) del consumo energético principalmente en mercados como Brasil, Argentina, Chile, Perú, Bolivia y Colombia.

El transporte se clasifica en diferentes categorías, en la figura 2 se presentan los diferentes usos modales del transporte, en las economías desarrolladas (p. ej. OCDE) el uso de vehículos livianos y el transporte aéreo presentan mayor relevancia que en las economías en desarrollo. Para el caso de las economías en desarrollo como Latinoamérica, se presenta un mayor uso modal de buses y motocicletas.

**Figura 2.** Transporte por uso modal en las diferentes regiones 2005.<sup>5</sup>



<sup>5</sup> <https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/transport2009.pdf>



Existen diferentes clasificaciones en los vehículos de transporte por carretera, en Latinoamérica se clasifican principalmente por el peso neto del vehículo, de esta manera se definen dos categorías:

- > **Vehículos livianos de transporte de carga y pasajeros:** a esta categoría pertenecen todos los vehículos que estén por debajo de 3,8 toneladas en su peso neto para el transporte de carga o pasajeros.
- > **Vehículos pesados de transporte de carga y pasajeros:** a esta categoría pertenecen todos los vehículos que tengan un peso neto mayor a 3,8 toneladas que se utilicen para el transporte de carga o pasajeros.

Los precios de los combustibles utilizados en las operaciones de transporte vehicular varían según el país, en la tabla 4 se presenta el rango de los precios típicos en la región para diferentes combustibles utilizados en el transporte.

**Tabla 4.** Costos de los energéticos utilizados por el sector transporte en Latinoamérica.

Tipo de energético	Precio (USD / unidad de combustible)
Gas natural vehicular (GNV)	0,5 – 1,5 USD/ m <sup>3</sup>
Gas licuado del petróleo (GLP)	0,3 – 1 USD/ m <sup>3</sup>
Diésel	0,8 – 3 USD/galón
Gasolina	0,8 – 3 USD/galón



## 4. Proyectos de eficiencia energética con mayor potencial

A continuación se analizan las diferentes oportunidades de optimización energética en el sector transporte, la reducción de emisiones de GEI y de agentes contaminantes, el nivel de ahorro que generan y las inversiones requeridas.

### 4.1. Oportunidades de reducción del consumo de combustible para vehículos livianos de transporte de carga y pasajeros.

En los vehículos livianos se puede buscar la reducción del consumo de combustible mediante el uso de vehículos con alta eficiencia.

En el sector del transporte, la eficiencia del combustible o el consumo de combustible se calcula como una relación de la distancia recorrida por unidad de combustible consumido (por ejemplo, millas por galón o kilómetros/litro) o, a la inversa, el consumo de combustible por la distancia de viaje (por ejemplo, litros/100km). De esta manera entre

más kilometraje tenga un vehículo por unidad de combustible (litros, galón o m<sup>3</sup>) será más eficiente, así mismo las emisiones de CO<sub>2</sub> y de otros contaminantes serán menores por kilómetro recorrido.



La unidad de medida utilizada para expresar el ahorro de combustible puede estar en millas por galón (mpg), kilómetros por litro (km/l), litros por cada cien kilómetros (l/100 km), y la tasa de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) o equivalentes de CO<sub>2</sub> emitido por unidad de distancia (en gramos de CO<sub>2</sub>/km). La elección de la unidad varía según la región y el país.

En la figura 3 se presenta el indicador de eficiencia de combustible en diferentes países. Las líneas sólidas presentan la tendencia histórica, las líneas discontinuas las metas de leyes sancionadas y las líneas punteadas representan las metas bajo estudio. Como se puede observar, la tendencia es hacia vehículos más eficientes, además

los países indicados representan la gran mayoría de la industria automotriz mundial lo que asegura la producción de vehículos con mejores estándares de rendimiento en el futuro.

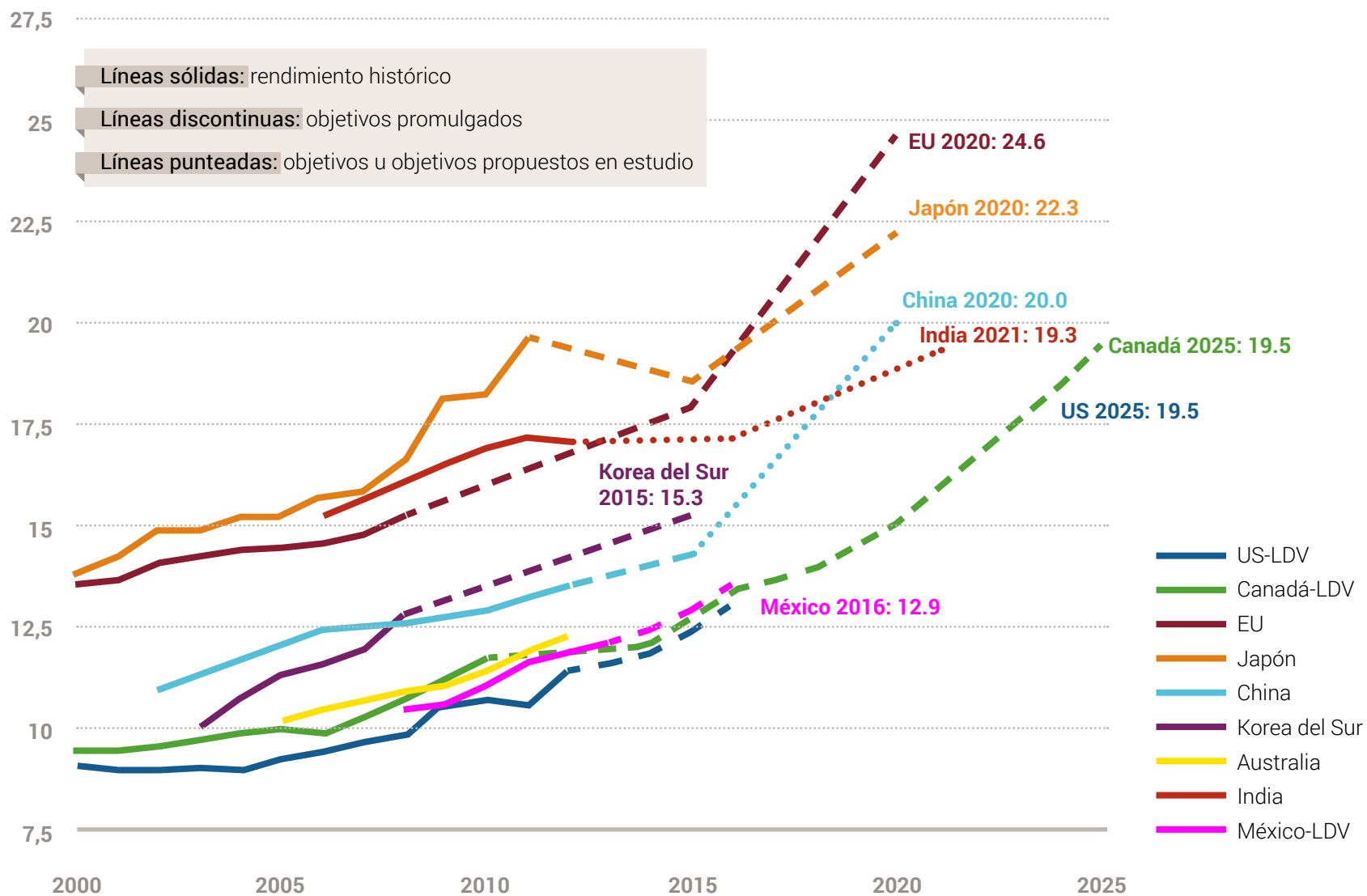
El consumo promedio de combustible en los países puede variar ampliamente por los factores mencionados anteriormente. No obstante, en la tabla 5 se presentan los valores promedios para las economías desarrolladas (p. ej. OCDE) y las economías en vía de desarrollo. Dichos valores se pueden tomar como referencia, sin embargo, en los proyectos asociados a cambios y sustitución de vehículos, se recomienda utilizar valores medidos o los valores de referencia de catálogos técnicos.

**Tabla 5.** Valores de referencia para el consumo de combustible.<sup>6</sup>

Región	Indicador	Año				
		2005	2008	2011	2013	2030
<b>Promedio en la OCDE.</b>	Promedio de rendimiento de combustible (km/l).	11,63.	12,66	13,7	14,5	
	Mejora anual (%/año).		2,7%	2,6%	2,6%	
<b>Promedio en países fuera de la OCDE.</b>	Promedio de rendimiento de combustible (km/l).	13,7	13,51	13,7	14,08	
	Mejora anual (%/año).		2,3%	1,9%	1,8%	
<b>Promedio global.</b>	Promedio de rendimiento de combustible (km/l).	12,5	12,9	13,7	14,08	
	Mejora anual (%/año).		2,3%	1,9%	1,8%	
<b>Objetivo de Global Fuel Economy Initiative (GFEI).</b>	Promedio de rendimiento de combustible (km/l)	12,05				23,81

<sup>6</sup> <http://www.globalfueleconomy.org/media/367815/wp12-technology-policy-drivers-ldvs.pdf>

**Figura 3.** Tendencia en el rendimiento de combustible (kilómetros por litro de combustible).<sup>7</sup>



<sup>7</sup> <http://www.globalfueleconomy.org/media/367815/wp12-technology-policy-drivers-ldvs.pdf>



## 4.2. Cambio de sistemas a GNV en transporte ligero de carga y pasajeros.

El gas natural vehicular (GNV) cubre un amplio rango de vehículos, desde automóviles, buses, camiones, barcos y trenes. El desarrollo de la tecnología de gas natural vehicular se caracteriza principalmente por la readaptación (acondicionamiento sobre un equipo usado) del sistema de combustión de los vehículos de combustión interna. El sobre precio en los vehículos que usan GNV como combustible contra los sistemas que utilizan combustibles derivados del petróleo (diésel, gasolina, etc.) se presenta en la tabla 6.

**Tabla 6.** Costo incremental para vehículos de GNV comparado contra vehículos que utilizan derivados del petróleo.<sup>8</sup>

Tipo de vehículo	Diferencia de precio contra vehículos que usan derivados del petróleo (USD).
Vehículo utilitario con peso neto menor a 1,5 toneladas.	2.800
Vehículo utilitario con peso neto entre 1,5 toneladas y 2,5 toneladas.	3.400
Vehículo utilitario con peso neto mayor a 2,5 toneladas y menor a 3,8 toneladas.	4.000

Algunas de las características relevantes del uso de gas natural como combustible vehicular son:

- Bajo contenido de carbono debido a su composición química y por lo tanto menores emisiones de GEI.
- Baja densidad energética a presión atmosférica y temperatura ambiente en comparación con los combustibles líquidos, por esta razón se hace necesaria la compresión (GNV) para alcanzar una combustión eficiente en vehículos.

- Alto octanaje (130), lo que refleja una alta resistencia a la detonación, reduce el ruido del motor y elimina la necesidad de aditivos como hidrocarburos aromáticos (por lo general utilizados para mejorar el índice de octano de la gasolina).

En promedio, se puede obtener una reducción del 25% en las emisiones de CO<sub>2</sub> con la conversión o sustitución de vehículos que utilizan gasolina por vehículos que operen con GNV. Cuando se reemplazan vehículos que utilizan diésel como combustible se pueden obtener una mejora significativa en la reducción de emisiones totales de HC, NO<sub>x</sub> y material particulado.

<sup>8</sup> [https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/natural\\_gas\\_vehicles.pdf](https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/natural_gas_vehicles.pdf)

### 4.3. Utilización de vehículos eléctricos.

En Latinoamérica el transporte eléctrico se encuentra en etapas iniciales, con sólo unos pocos miles de vehículos en circulación en la toda la región. La mayoría de estos vehículos son para empresas o el uso del gobierno, taxis o transporte público, y unos cientos de vehículos eléctricos propiedad de particulares.

El sector del transporte es la mayor fuente y de más rápido crecimiento de emisiones de GEI relacionadas con la energía en la región. Asimismo, la generación de electricidad en América Latina es mucho más limpia que el promedio global debido al fuerte componente hidroeléctrico, amplificando los potenciales beneficios de la movilidad eléctrica. Incluso, en países donde los combustibles fósiles son la fuente de más de 50% de la generación eléctrica, como Chile y México, la electrificación del transporte mejoraría la calidad del aire y reduciría las emisiones de GEI. La tabla 7 presenta los incentivos en diferentes países de Latinoamérica para dinamizar la compra y uso vehículos eléctricos.<sup>9</sup>

**Tabla 7.** Incentivos para vehículos eléctricos en diferentes países de Latinoamérica.<sup>10</sup>

País	Colombia	México	Brasil	Chile
<b>Generación de energía de bajo carbono por la generación hidroeléctrica.</b>	✓		✓	
<b>Objetivo nacional de reducción de emisiones.</b>	✓	✓	✓	✓
<b>Sin subsidios en combustibles fósiles.</b>	✓			✓
<b>Incentivos para el acceso a la malla vial.</b>	✓	✓	✓	✓
<b>Incentivos financieros.</b>	✓	✓		
<b>Incentivos en la electricidad.</b>		✓		

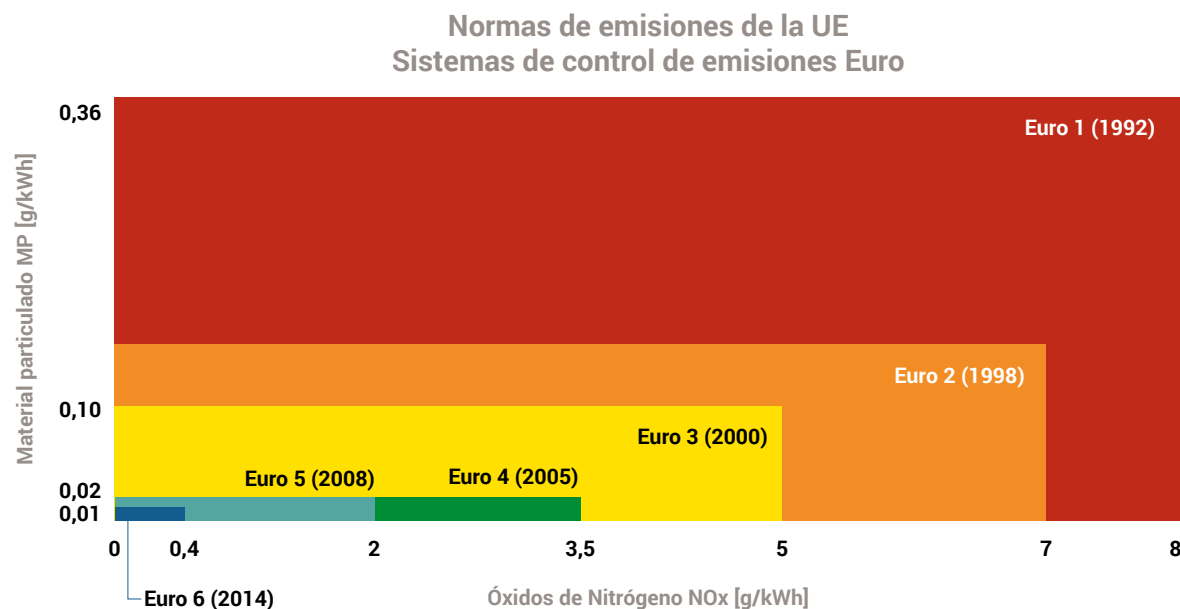
El rango de precio de los vehículos eléctricos varía mucho de país a país debido a los diferentes estímulos que existen. Por ejemplo, para algunos casos no se aplican impuestos de importación, ni impuesto al valor agregado, lo que puede reducir el costo de manera significativa (hasta 30%). El rango de precio de los vehículos eléctricos para uso

utilitario puede estar entre 36.000 y 55.000 USD. El periodo de retorno de estas inversiones depende del precio de los combustibles fósiles y del precio de la energía eléctrica en el país. En lugares donde el precio de la gasolina o diésel está por encima de 80 centavos de USD por litro, estas inversiones se pueden retornar en menos de 10 años si los vehículos remplazados recorren más de 15.000 km por año.

<sup>9</sup> <http://www.thedialogue.org/wp-content/uploads/2015/10/Green-Transportation-The-Outlook-for-Electric-Vehicles-in-Latin-America.pdf>

<sup>10</sup> <http://www.thedialogue.org/wp-content/uploads/2015/10/Green-Transportation-The-Outlook-for-Electric-Vehicles-in-Latin-America.pdf>

**Figura 4.** Estándar de emisión EURO para vehículos diésel.<sup>11</sup>



Para el uso de los sistemas de control de emisiones EURO se debe considerar con cuidado especial el nivel de azufre en el diésel, ya que un alto contenido daña los filtros y los catalizadores en los sistemas de control de emisiones. Por lo tanto, en países con niveles de azufre en el diésel por encima de 500 ppm no se recomienda utilizar sistemas de control de emisiones superiores a EURO IV. La figura 5 presenta el nivel de azufre en el diésel en los diferentes países de Latinoamérica.



<sup>11</sup> <http://www.dougjack.co.uk/bus-industry-euro-6-emissions-limits.html>

**Figura 5.** Contenido de azufre en el diésel para diferentes países de Latinoamérica.<sup>12</sup>



\*En algunas ciudades principales (p. ej. Lima, Quito, Ciudad de México, etc.) los niveles de azufre en el diésel son mucho menores a los presentado en la figura.

Existen normas de importación para los nuevos vehículos donde solo se permite la entrada de vehículos con estándares de emisión superiores a cierto nivel, no obstante, esto puede variar en cada país. La tabla 8 presenta el estándar mínimo para los vehículos nuevos en diferentes países de Latinoamérica.

<sup>12</sup> [http://www.unep.org/cleanfleet\\_database/Maps/Sulphurprogress/index.asp](http://www.unep.org/cleanfleet_database/Maps/Sulphurprogress/index.asp)

**Tabla 8.** Estándar de emisión permitido para los vehículos nuevos en Latinoamérica.<sup>13</sup>

País	Estándar de emisión	Nivel de azufre en el diésel
<b>Argentina.</b>	Vehículos pesados, livianos y buses EURO V.	1.500 ppm (500 en Buenos Aires, Rosario, Mar del Plata, y Bahía Blanca).
<b>Bolivia.</b>	Buses EURO III (La Paz).	5.000 ppm.
<b>Brasil.</b>	Vehículos livianos EURO IV. Vehículos pesados EURO V.	1.800 ppm (entre 50 y 500 en ciudades grandes).
<b>Chile.</b>	Vehículos livianos EURO V. Vehículos pesados EURO V.	15 ppm.
<b>Colombia.</b>	Vehículos livianos EURO IV. Vehículos pesados EURO IV. Buses EURO II.	50 ppm.
<b>Ecuador.</b>	Vehículos livianos EURO I. Vehículos pesados EURO II.	5.000 ppm (500 en Quito y Cuenca).
<b>El Salvador.</b>	Vehículos livianos EURO I.	5.000 ppm.
<b>Guatemala.</b>	Ninguno.	5.000 ppm.
<b>Honduras.</b>	Ninguno.	5.000 ppm.
<b>México.</b>	Vehículos livianos EURO IV. Vehículos pesados EURO IV.	300 ppm.
<b>Nicaragua.</b>	Ninguno.	5.000 ppm.
<b>Paraguay.</b>	Ninguno.	2.500 ppm.
<b>Perú.</b>	Vehículos livianos EURO III. Vehículos pesados EURO III. Buses EURO IV (Lima).	5.000 ppm (15 en Lima y Callao).
<b>Uruguay.</b>	Vehículos livianos EURO III. Vehículos pesados EURO III.	50 ppm.
<b>Venezuela.</b>	Vehículos pesados EURO I.	2.000 ppm.

<sup>13</sup> <https://www.nrdc.org/sites/default/files/latin-america-diesel-pollution-IB.pdf>



## 5. Análisis de riesgos técnicos ambientales y sociales

En la tabla 9 se presentan los principales riesgos técnicos, sociales y ambientales que deben tenerse en cuenta al realizar inversiones en el sector transporte, así como las acciones para su mitigación.

**Tabla 9.** Riesgos técnicos, ambientales y sociales de inversiones en el sector.

Riesgo	Tipo	Acción para su mitigación
<b>Riesgos de contaminación ambiental si los vehículos obsoletos no tienen una adecuada disposición final.</b>	<b>Ambiental</b>	Se debe verificar que los vehículos antiguos sean dispuestos de manera correcta por empresas autorizadas por las autoridades locales.
<b>Riesgos técnicos si no se instala de manera adecuada en la instalación de sistemas de gas natural vehicular existen</b>	<b>Técnico</b>	Verificar que los proveedores de instalación de sistemas de GNV cumplan con todos los requisitos de regulación y utilicen equipos certificados.



**Continuación Tabla 9.** Riesgos técnicos, ambientales y sociales de inversiones en el sector.

Riesgo	Tipo	Acción para su mitigación
<b>El nivel de azufre en el diésel puede dañar los catalizadores y filtros del sistema de control de emisiones.</b>	<b>Técnico</b>	Verificar que el estándar de emisión de los vehículos sea adecuado para los niveles de contenido de azufre en los combustibles que se distribuyen en el país.
<b>Ahorros en los proyectos de eficiencia de combustible.</b>	<b>Financiero/Técnico</b>	Corroborar que las tecnologías que se adquieren tienen la eficiencia de combustible que se requiere y que cumplen con los estándares exigidos por el país para vehículos nuevos.



## 6. Criterios de elegibilidad

En el sector de transporte existe un amplio potencial de hacer inversiones en EE. Los criterios de elegibilidad que se recomiendan para aplicar a una línea de financiación con las IF's son los siguientes:



**Reducción del consumo de combustible.** Un proyecto de inversión para reducir el consumo de combustible por unidad de distancia recorrida debe mejorar este índice mínimo en un 15%. Para proyectos de sustitución de combustibles donde el nuevo combustible tiene un PCI inferior al antiguo este criterio no se cumple, pero si es aplicable cuando el nuevo combustible presenta un mayor PCI que el antiguo.



**Reducción de emisiones de GEI.** Los niveles de reducción de emisiones de GEI que pueden lograr las inversiones en eficiencia energética en el sector transporte dependen del tipo de combustible utilizado en los vehículos. Los proyectos con mayor reducción de emisiones de GEI son aquellos que reducen el consumo de diésel o gasolina, o reemplazan los sistemas de combustión tradicional por sistemas de combustión con gas natural vehicular o incluso por vehículos eléctricos. En términos generales, una inversión en proyectos de eficiencia energética, debería reducir las emisiones de GEI en al menos un 15%.





**Reducción de emisiones de contaminantes diferentes a GEI.** Especialmente en los vehículos utilitarios pesados de carga y pasajeros, se debe cumplir con los estándares mínimos de emisión en el país y se debe considerar la calidad del combustible para promover sistemas más avanzados.



**Periodo de retorno simple de la inversión.** Las inversiones en EE en el sector transporte son principalmente en bienes de capital; con lo cual, el tiempo de retorno simple del proyecto no debería ser mayor de 5 años para que los flujos de caja del mismo permitan retornar la inversión con una rentabilidad razonable en un periodo de 8 a 10 años. Para los casos de inversión en vehículos eléctricos, se debe estructurar un financiamiento con condiciones diferentes ya que los periodos de retorno para la región son superiores a los 10 años en la mayoría de los casos.



## 7. Monitoreo, reporte y verificación del proyecto

El sector transporte puede medir su eficiencia a través de dos indicadores de monitoreo y reporte básicos presentados en la tabla 10. De igual forma se puede medir el impacto de las inversiones en términos de emisiones de GEI. Estos indicadores se deben medir antes y después de hacer los proyectos, las unidades se presentan por kilómetros y por litro, sin embargo, existen múltiples indicadores que miden la misma relación como millas por galón (mpg), litros cada 100 kilómetros (l/100km), litros por kilómetro (l/km). La tasa de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) emitido por unidad de distancia se mide en kilogramos de CO<sub>2</sub>/km. La elección de la unidad varía según la región y el país.

**Tabla 10.** Indicadores de monitoreo de eficiencia energética en el sector transporte.

Indicador	Unidad	Valor Exante	Valor Expost
<b>Consumo de combustible.</b>	Km/l		
<b>Emisiones GEI.</b>	kg CO <sub>2</sub> /km		



Los indicadores para verificar el beneficio anual de una inversión en eficiencia energética, resultan de multiplicar la diferencia entre el valor ex ante y el valor expost de los indicadores sugeridos en la tabla 10 por el kilometraje del nuevo vehículo después de realizar la inversión. De esta forma, los indicadores que se recomienda usar son los siguientes:

**Tabla 11.** Indicadores para verificar de mejora eficiencia energética en el sector transporte.

Indicador	Unidad
Reducción del consumo de combustible.	l/año
Reducción de emisiones de GEI.	kg CO <sub>2</sub> /año





## 8. Otros beneficios de la EE para empresas del sector

El sector transporte presenta importantes oportunidades frente a las inversiones en eficiencia energética y la reducción de emisiones de contaminantes, además de ahorros económicos y reducción de emisiones de GEI, generan otros beneficios para el sector entre los que se destacan:

- Se pueden aprovechar diferentes incentivos en la adquisición de vehículos con mejores estándares de emisión o vehículos eléctricos como bonos de chatarrización, beneficios fiscales y tributarios dependiendo del país.
- El uso de vehículos de combustible flexibles en el uso de combustible se puede considerar como oportunidad de reducción de emisiones, estos vehículos están adaptados para utilizar biodiesel o bioetanol. Los vehículos convencionales están adaptados para utilizar mezclas parciales de biocombustibles hasta en un 10%, para utilizar una mezcla mayor se deben realizar adaptaciones a algunas partes del motor.
- Para las empresas que tengan amplio manejo de logística se presentan grandes oportunidades para reducir los costos operativos de sus operaciones o comprar un vehículo que pueda operar con biocombustible hasta en un 100%.
- Cumplir con las metas de reducción de emisiones sectorial de GEI adoptadas por los gobiernos a nivel mundial en el marco de la COP 21 de Paris (Conferencia de las Partes bajo la Convención Marco de Naciones Unidas sobre el Cambio Climático).



## 9. Caso de estudio

El departamento de proyectos de una compañía dedicada a la producción de bebidas a partir de pulpa de fruta ha propuesto el cambio de la flota de los vehículos que tienen cerca de 15 años de funcionamiento. Se estima que se consumen cerca de 320.000 litros de gasolina al año en la operación nacional de distribución de producto terminado y logística de materias primas. Se plantea hacer un cambio por vehículos utilitarios de carga que según el fabricante tienen un consumo de 12 km/litro, la inversión es de 300.000 de USD. Tanto los vehículos antiguos como los nuevos operan con gasolina cuyo factor de emisión es 2,3 Kg CO<sub>2</sub>/l y tiene un precio de 0,5 USD/l. Por ende, el costo anual del combustible es 160.000 USD.

Para este caso, se desea calcular los beneficios ambientales y energéticos de la compra de los vehículos. Se estima que el kilometraje de la operación de distribución y aprovisionamiento es de 2.240.000 km/año.





En la tabla 12 se presentan los datos asociados a los cálculos. Para calcular el valor ex ante, se toma el kilometraje anual dividido por el consumo de combustible, en este caso 2.240.000 km/320.000 litros, para obtener un indicador de consumo de 7 km/litro. El valor expost es de 12 km/litro según los datos del fabricante de vehículos por lo que el nuevo consumo de combustible sería de 186.666,67 litros, representando un ahorro anual en términos de dinero es de 66.667 USD/año. Dividiendo la inversión entre los ahorros anuales se tendría que el periodo de retorno simple de la inversión es de 4,5 años.

Las emisiones de GEI anuales ex ante se calculan multiplicando el consumo de gasolina de 320.000 litros por el factor de emisión 2,3 kg CO<sub>2</sub> para obtener 736.000 kg CO<sub>2</sub>/año, y este valor es dividido por el kilometraje anual; obteniendo como resultado 0,33 Kg CO<sub>2</sub> por kilómetro recorrido. El valor expost se obtiene dividiendo el kilometraje total entre el consumo de los nuevos vehículos 2.240.000 km/12 km/l, dando como resultado que el consumo anual de gasolina después de la implementación del proyecto es de 186.667 litros (41,7% menos que el valor inicial), este valor se multiplica por el factor de emisión que no varía para obtener 429.333 kg de CO<sub>2</sub>/año. Finalmente, las emisiones de GEI anuales totales se dividen sobre el kilometraje anual para obtener el valor expost que es de 0,19 kg de CO<sub>2</sub> por kilómetro recorrido.

**Tabla 12.** Indicadores de monitoreo caso de estudio.

Indicador	Unidad	Valor Ex ante	Valor Expost	Diferencia
<b>Consumo de combustible.</b>	Km/l	7	12	5
<b>Emisiones GEI.</b>	kg CO <sub>2</sub> /km	0,33	0,19	0,14

Como resultado, se presenta en la tabla 13 el resumen de los beneficios ambientales y económicos anuales del proyecto. Para calcular la reducción de consumo de combustible se realiza la resta entre el consumo inicial de combustible con el consumo después de la implementación del proyecto. En este caso el proyecto genera una reducción de 133.333 litros de gasolina al año, además permite reducir las emisiones de GEI en 306.666 kg CO<sub>2</sub>/año.

**Tabla 13.** Indicadores de mejora para el caso de estudio.

Indicador	Unidad	Valor
<b>Inversión.</b>	USD	300.000
<b>Ahorros económicos.</b>	USD/año	66.667
<b>Periodo de retorno simple de la inversión.</b>	Años	4,5
<b>Reducción del consumo de combustible.</b>	l/año	320.000-186.667 = 133.333
<b>Reducción de emisiones de GEI.</b>	Kg CO <sub>2</sub> /año	133.333 * 2,3= 306.666



**Aplicación de criterios de elegibilidad:** el proyecto es elegible para una línea de financiación verde ya que cumple con las condiciones establecidas en los criterios de elegibilidad.

#### Criterios de elegibilidad



Reducción del consumo energético del 41,7%.



Reducción de emisiones del 41,7%.



Un periodo de retorno de 4,5 años.



# Referencias

- Cleaning Up Latin America's Air: Reducing Black Carbon Emissions Can Benefit the Climate and Public Health Quickly. <https://www.nrdc.org/sites/default/files/latin-america-diesel-pollution-IB.pdf>
- ENERGY EFFICIENCY AND MOBILITY A roadmap towards a greener economy in Latin America and the Caribbean. [http://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/37148/S1420579\\_en.pdf?sequence=1](http://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/37148/S1420579_en.pdf?sequence=1)
- Fuel Economy State of the World 2014. <https://www.fiafoundation.org/media/46111/gfei-annual-report-2014-lr.pdf>
- GREEN TRANSPORTATION The Outlook for Electric Vehicles in Latin America. <http://www.thedialogue.org/wp-content/uploads/2015/10/Green-Transportation-The-Outlook-for-Electric-Vehicles-in-Latin-America.pdf>
- Global clean fuel and transport vehicles database-UNEP. [http://www.unep.org/cleanfleet\\_database/Maps/Sulphurprogress/index.asp](http://www.unep.org/cleanfleet_database/Maps/Sulphurprogress/index.asp)
- OLADE, 2013, Simulación de Medidas de Eficiencia Energética en los Sectores Industrial y Transporte de América Latina y el Caribe al Año 2030. <http://biblioteca.olade.org/opac-tmpl/Documentos/old0310.pdf>





- Technology and Policy Drivers of the Fuel Economy of New Light-Duty Vehicles Comparative analysis across selected automotive markets. <http://www.globalfueleconomy.org/media/367815/wp12-technology-policy-drivers-ldvs.pdf>
- The Contribution of Natural Gas Vehicles to Sustainable Transport. IEA. [https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/natural\\_gas\\_vehicles.pdf](https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/natural_gas_vehicles.pdf)
- Transport, energy and CO2. IEA. <https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/transport2009.pdf>
- Transport Resource Internation webpage. <http://www.dougjack.co.uk/bus-industry-euro-6-emissions-limits.html>

## Manual para la Evaluación de Elegibilidad de Financiación de Proyectos de Eficiencia Energética

---

**Editor:** CAF

**Dirección Corporativa de Ambiente y Cambio Climático (DACC)**

Ligia Castro de Doens, directora corporativa

**Dirección Sectores Productivo y Financiero Región Norte (VSPF)**

Mauricio Salazar, director

---

**Autor:**

MGM International

---

**Coordinación y edición general**

Camilo Rojas (DACC)

Jaily Gómez (VSPF)

René Gómez García (DACC)

---

**Diseño Gráfico y Diagramación:**

Tundra Taller Creativo | tundra.pe

---

**Fotos:**

Pixabay.com

Shutterstock

---