



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

Dirigido a
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: 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 de combustión interna.

Dióxido de carbono (CO₂): 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 (CO₂), el metano (CH₄), los óxidos nitrosos (NO_x), 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, reconocido como 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.

Matriz energética: es una representación cuantitativa de la totalidad de energía que utiliza un país, e indica el peso relativo de las fuentes de las que procede cada tipo de energía primaria.

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.

Sistemas de control de emisiones (EURO): sistemas que tratan los gases de escape dentro del motor de combustión interna, está regulado por la normativa europea para el control de emisiones. Mediante catalizadores y filtros de partículas los sistemas EURO permiten la reducción de agentes contaminantes como los HC, CO, NOx y el material particulado.

Organisation for Economic Co-operation and Development (OCDE): organización que promueve políticas que mejoran el bienestar económico y social de las personas a nivel global, está 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 un contaminante 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 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. 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 agentes contaminantes que se pueden alcanzar por realizar inversiones 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. Descripción del sector transporte

El transporte es un componente clave para el desarrollo de la economía y el bienestar de la población, a medida que las economías crecen esta actividad está aumentando en todo el mundo. Mejorar la eficiencia energética en el sector transporte es clave para los países en desarrollo, ya que puede solucionar problemas asociados a la congestión, la contaminación del aire y la dependencia del petróleo.

El transporte usa de manera predominantemente combustibles fósiles, los derivados del petróleo suministran el 95% de la energía total utilizada por el transporte en el mundo. En 2014, el transporte fue responsable del 22% de las emisiones de GEI globales donde el 73% de estas emisiones está asociado a los vehículos por carretera.¹

La actividad de transporte seguirá aumentando en el futuro así como su demanda por combustibles fósiles, el crecimiento de la demanda de transporte facilita la especialización y el comercio. La mayoría

^{1,2} <https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/wg3/ar4-wg3-chapter5.pdf>

de la población mundial sigue sin tener acceso a los vehículos personales y muchos no tienen acceso a cualquier forma de transporte motorizado. Sin embargo, esta situación está cambiando rápidamente.



El transporte de mercancías ha crecido aún más rápidamente que el transporte de pasajeros y se espera que continúe haciéndolo en el futuro. Los movimientos de carga urbanos son predominantemente por camión, mientras que la carga internacional está dominada por el transporte marítimo.

A menos de que haya un cambio importante en el patrón del uso de la energía, el consumo de energía del transporte mundial se proyecta que aumente a un ritmo de alrededor del 2% por año, con las tasas más altas de crecimiento en economías en desarrollo. En la figura 1 se presenta la distribución de emisiones de GEI de los diferentes modos de transporte.² El transporte por carretera, es responsable de 73% de las emisiones del sector y del 16 % de las emisiones de GEI globales.

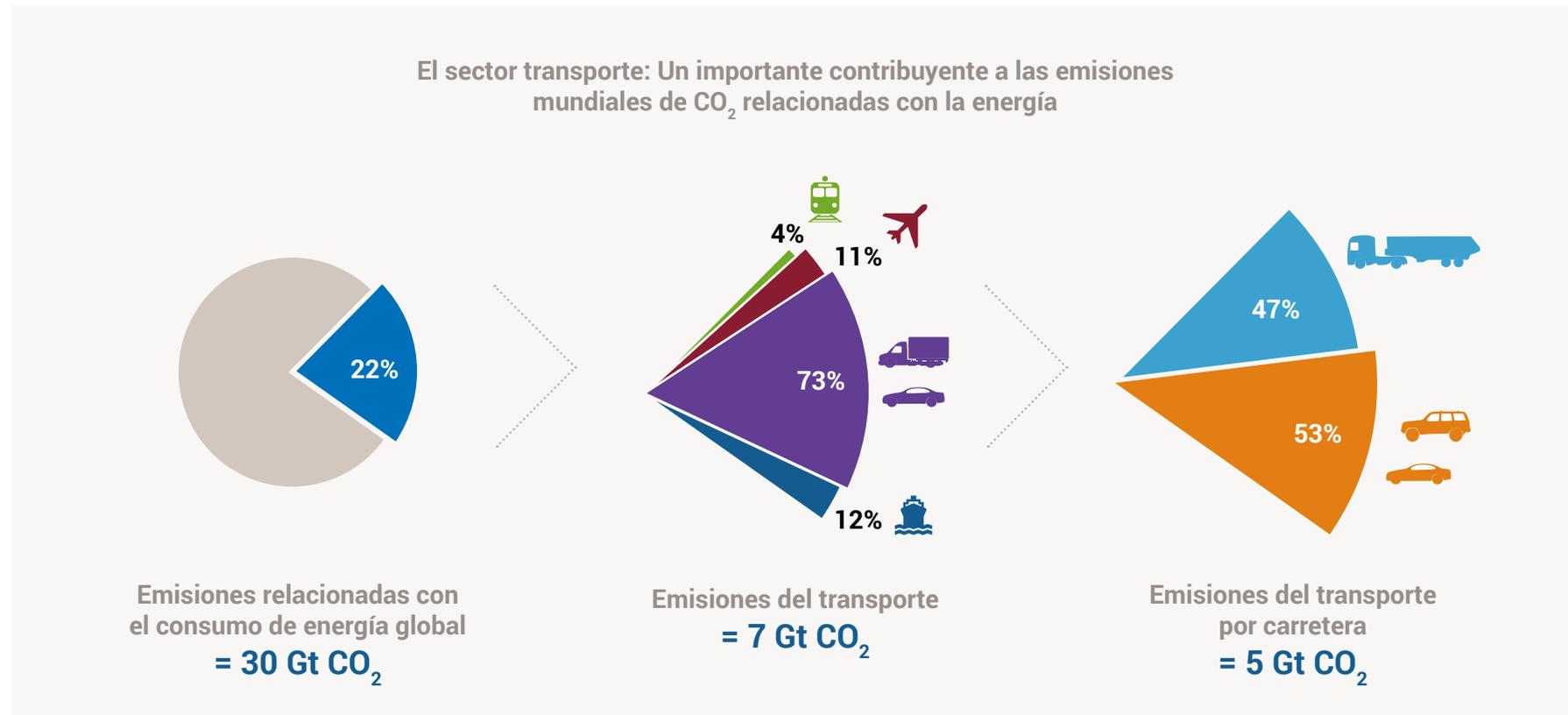


Figura 1. Emisiones de CO₂ en las operaciones de transporte para el 2014.³

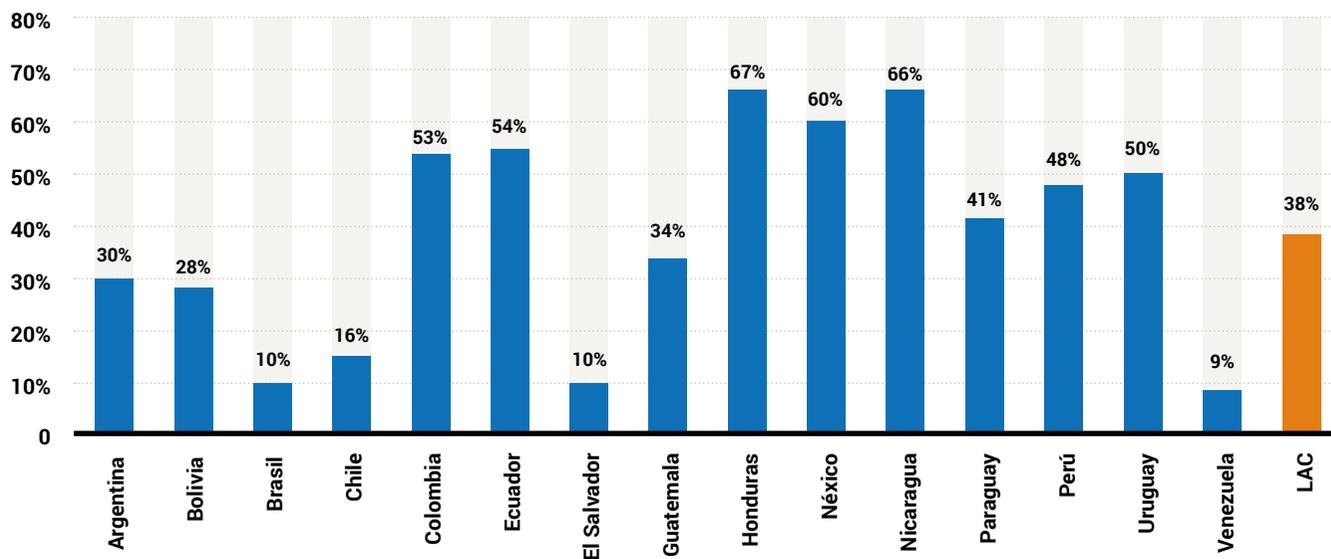
³ http://www.unep.org/transport/New/PCFV/pdf/2014PIEA_FuelEconomyGlobaltrends.pdf

La flota de vehículos de Latinoamérica se compone de casi 130 millones de vehículos registrados en 2012. Casi la mitad de los vehículos en la región están en Brasil (64 millones), pero México (30 millones) y Argentina (10 millones) también tienen flotas de vehículos de tamaño considerable.⁴

La flota de América Latina aumentará en el futuro si continúa la tasa de crecimiento observada en los últimos años, como se

muestra en la figura 2. Este crecimiento ha sido el más rápido en los países con pequeñas flotas, por ejemplo, Honduras ha crecido de 731.257 vehículos en 2007 a 1.219.453 vehículos en 2012 (un aumento del 67%) y Nicaragua creció de 360.961 vehículos en 2007 a aproximadamente 600.000 vehículos en 2012 (un 66% de aumento). Estas tasas de crecimiento son bastante diferentes a las economías desarrolladas. Por ejemplo Estados Unidos, tuvo una tasa de crecimiento menor al 3% entre 2007 y 2012.⁵

Figura 2. Tasa de crecimiento de la flota de vehículos en países de Latinoamérica del 2007 al 2012.⁶



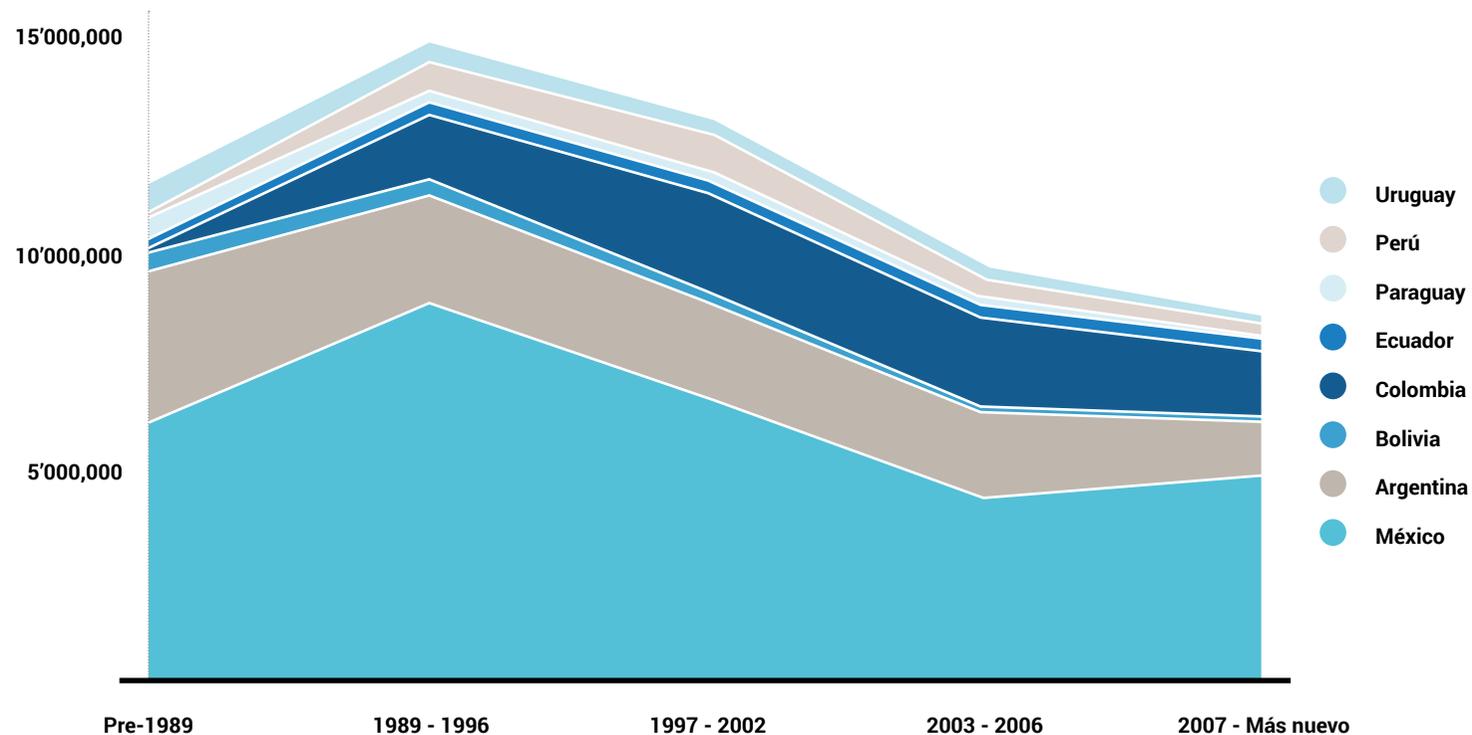
Para el periodo 2007-2012 la tasa de **crecimiento vehicular en Latinoamérica fue del 38%** en comparación con las economías desarrolladas que sólo fue del 3%.

4, 5, 6 <https://www.nrdc.org/sites/default/files/latin-america-diesel-pollution-report.pdf>

Las tasas de crecimiento se deben principalmente a la entrada de nuevos vehículos en la flota, pero también se debe a vehículos antiguos que se mantienen en servicio como se puede observar en la figura 3. Este comportamiento se ve de manera más relevante en vehículos pesados (p. ej. camiones y buses), que usualmente operan por más de 20 años. Latinoamérica cuenta con una flota antigua, más del 30% de los vehículos tienen más de 25 años de

funcionamiento, en países como Argentina y México la proporción de vehículos con más de 25 años es todavía mayor. No obstante, la situación está cambiando rápidamente, por ejemplo, en Argentina se estima que para el 2012 cerca del 31% de los vehículos tenían menos de 5 años, esto se debe a regulaciones implementadas para permitir la importación exclusiva de vehículos nuevos.

Figura 3. Número de vehículos por modelo en países seleccionados de Latinoamérica.⁷



⁷ <https://www.nrdc.org/sites/default/files/latin-america-diesel-pollution-report.pdf>



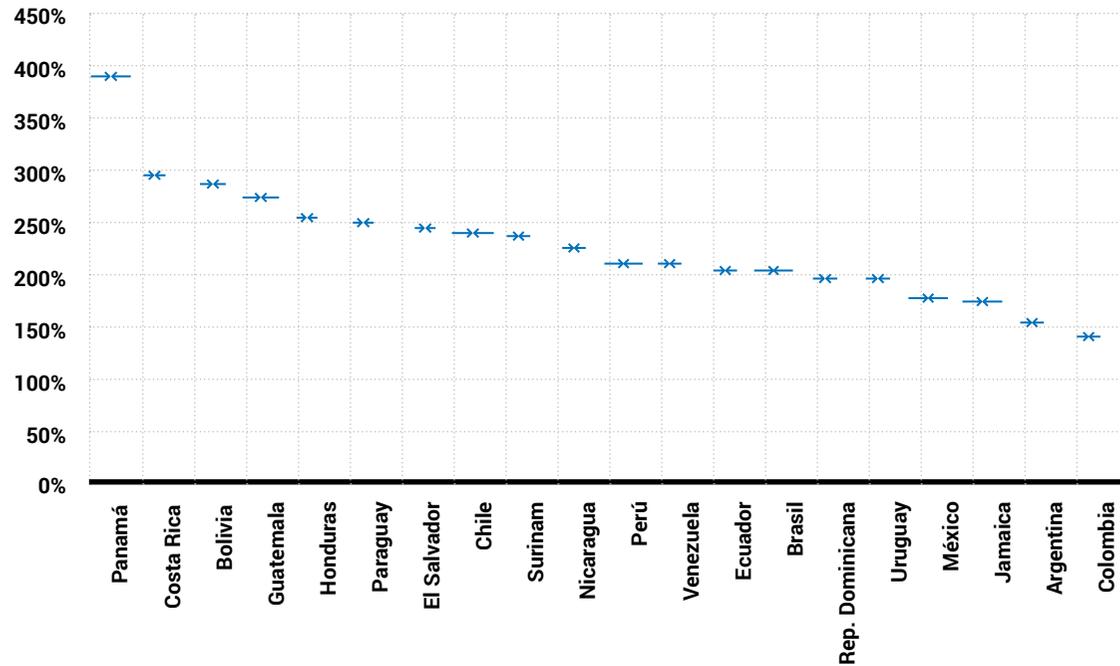
4. Caracterización energética del proceso

El uso de la energía en las operaciones de transporte se debe principalmente a la demanda de combustibles en los motores de combustión interna que utilizan los diferentes medios de transporte. Los vehículos utilitarios livianos, vehículos utilitarios pesados, aviones, embarcaciones marinas y trenes, utilizaron 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 IEA) 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 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, la importancia relativa de otros sectores, principalmente los sectores industrial y de servicios. En la figura 4 se presenta los incrementos que ha tenido el consumo de energía en el sector de transporte en la región, para todos los países se duplicó en el periodo de 1990 y 2010.⁸

⁸ http://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/37148/S1420579_en.pdf?sequence=1

Figura 4. Crecimiento del consumo final de energía en el sector transporte en 2010 con relación al consumo en 1990.⁹



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 o la propia topografía de la ciudad. 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.

⁹ OLADE, 2013, *Simulación de Medidas de Eficiencia Energética en los Sectores Industrial y Transporte de América Latina y el Caribe al Año 2030*.

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.¹⁰

Tabla 3. Consumo de energía de vehículos que emplean gasolina en principales ciudades de América Latina y el Caribe, 2007 (Litro/kilómetro).¹¹

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

Evalúe el potencial de EE y reducción de emisiones en el sector:



Evalúe el consumo de combustible en litros por kilómetro.



Compare el indicador de consumo con los establecidos en la tabla 3.



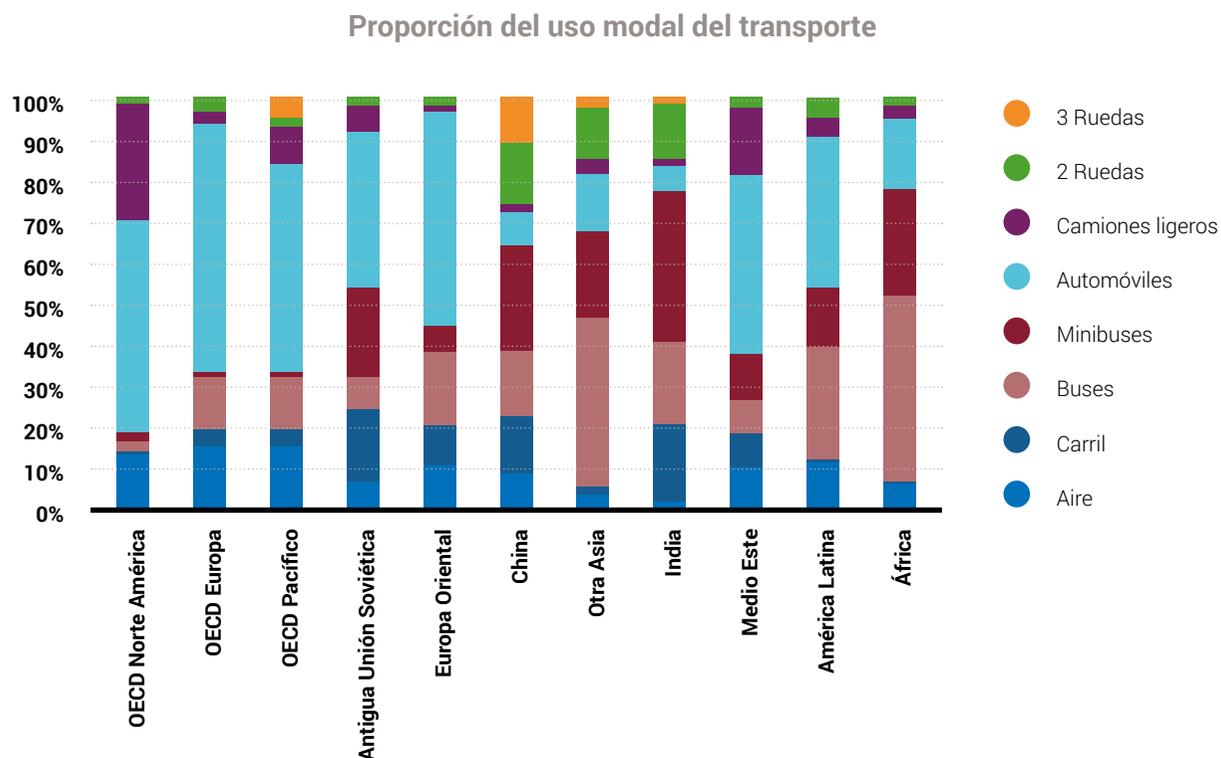
Si el indicador **supera el valor del indicador**, existe potencial para reducir el consumo de combustible y reducir las emisiones.

¹⁰ 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
¹¹ 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 representan cerca del 10% (IEA, 2014) principalmente por el uso de biodiésel y bioetanol en países como Brasil y Colombia, el uso de gas natural como combustible representa el 5% (IEA, 2014) principalmente en mercados como Brasil, Argentina, Chile, Perú, Bolivia y Colombia.

En la figura 5 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 5. Transporte por uso modal en las diferentes regiones 2005.¹²



¹² <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 precios típicos en la región para diferentes combustibles utilizados en el transporte.

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

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



5. Proyectos de eficiencia energética con mayor potencial

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

El transporte por carretera se divide en 2 categorías donde se deben tomar diferentes consideraciones respecto a la mejora en eficiencia energética, para los vehículos livianos se utilizan indicadores como la intensidad energética o el rendimiento, que miden cuanto combustible se utiliza para recorrer cierta distancia (p. ej. l/100 km); para el caso de los vehículos pesados, se acostumbra usar normas de rendimientos y emisiones que garantizan que los vehículos cumplen con estándares de emisión internacionales.



En la tabla 5 se presentan los proyectos de EE que se encuentran comúnmente en el sector de transporte en cuanto a la reducción de consumo energético y emisiones de agentes contaminantes, se presenta el tipo de proyecto, el potencial de ahorro energético si se realiza el cambio tecnológico, el periodo de retorno simple estimado (el cual puede variar según el precio de la energía en los diferentes países), el nivel de inversión aproximado en USD, y los beneficios adicionales que pueden servir como argumentos para presentar un proyecto de eficiencia energética para financiación.

Tabla 5. Oportunidades de reducción del consumo de energía y beneficios ambientales para el sector.

Tipo de proyecto	Línea base del sector	Ahorro energético potencial	Periodo de retorno simple	Nivel de inversión por proyecto	Beneficios adicionales
Vehículos de carga livianos (con peso neto menor a 3,8 toneladas) con alto rendimiento superior a (12 km/litro).	Vehículos con más de 10 años de antigüedad con rendimientos menores de 7 km/litro.	Más del 50%.	Menor a 5 años.*	10.000 – 20.000 USD por vehículo.	Menores emisiones de GEI por km recorrido, menores emisiones de otros contaminantes y menores costos de mantenimiento.
Vehículos de pasajeros livianos (con peso neto menor a 3,8 toneladas) con alto rendimiento superior a (12 km/litro).	Vehículos con más de 10 años de antigüedad con rendimientos menores de 7 km/litro.	Más del 50%.	Menor a 5 años.*	20.000 – 30.000 USD por vehículo.	Menores emisiones de GEI por km recorrido, menores emisiones de otros contaminantes y menores costos de mantenimiento.
Instalación de sistemas de gas natural vehicular en vehículos livianos (con peso neto menor a 3,8 toneladas).	NA	Entre el 17 y 26%. ¹³	Menor a 3 años.	2.800 y 4.000 USD por sistema instalado.	Menores emisiones de contaminantes como HC, MP y CO (hasta 25%) ¹⁴ , ahorros económicos dependientes del diferencial de precio entre el gas y los combustibles derivados del petróleo.
Uso de vehículos eléctricos livianos (peso neto menor a 3,8 toneladas).	NA	Más del 60%. ^{**}	Entre 8 y 12 años. ^{**}	40.000 - 60.000 USD por vehículo, más costos de estación de carga	Menor dependencia de combustibles fósiles, reducción de emisiones (dependiendo de la matriz energética), menores costos de mantenimiento.

^{13,14} https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/natural_gas_vehicles.pdf

Continuación Tabla 5. Oportunidades de reducción del consumo de energía y beneficios ambientales para el sector.

Tipo de proyecto	Línea base del sector	Ahorro energético potencial	Periodo de retorno simple	Nivel de inversión por proyecto	Beneficios adicionales
Inserción de sistemas de control de emisiones en vehículos de carga pesados (peso neto mayor a 3,8 toneladas)	Vehículos de carga con sistemas obsoletos de control de emisiones.	Ahorro marginal***	NA	50.000 y 120.000 USD por vehículo.	Menores emisiones de agentes contaminantes como HC, MP y CO (dependiendo del vehículo que se remplace), menores costos de mantenimiento.
Inserción de sistemas de control de emisiones en vehículos de pasajeros pesados (peso neto mayor a 3.8 toneladas)	Vehículos de pasajeros con sistemas obsoletos de control de emisiones.	Ahorro marginal.**	NA	50.000 y 120.000 USD por vehículo.	Menores emisiones de agentes contaminantes como HC, MP y CO (dependiendo del vehículo que se remplace), menores costos de mantenimiento.

* Calculado con un precio del combustible de 0,5 USD/litro y 15.000 kilómetros de recorrido anual.

** Calculado con un precio del combustible de 0,8 USD/litro y 15.000 kilómetros de recorrido anual. El ahorro energético depende de la matriz energética del país, se debe considerar de manera especial el uso de vehículos eléctricos en países donde la mayoría de la generación eléctrica proviene de fuentes limpias como la hidroeléctrica.

*** La adquisición de vehículos con mejores estándares de emisiones tienen grandes beneficios desde el punto de vista ambiental, la reducción de agentes contaminantes mediante sistemas especializados puede mejorar de manera relevante la calidad del aire en los centros urbanos.

En el transporte pesado de carga y pasajeros predominan los sistemas de combustión con diésel que permiten tener un rango de potencia mayor que con sistemas impulsados por gasolina. Las oportunidades de reducción de agentes contaminantes en los vehículos pesados están reaccionadas con el sistema de control de emisiones, estos dispositivos están compuestos por diferentes equipos en el motor, sistema de escape y filtros que permiten reducir la producción de agentes contaminantes en el proceso de combustión.

En los vehículos pesados se debe considerar de manera especial las inversiones de sustitución de sistemas de control de emisiones ya que el buen desempeño de estos depende de la calidad del diésel referente a su contenido de azufre, los combustibles con alto nivel de azufre deterioran estos sistemas. Latinoamérica tiene diferentes calidades de diésel que varían según el país, en la tabla 6 se presenta el nivel de azufre del diésel y el estándar de emisión requerido para vehículos nuevos.

Tabla 6. Estándar de emisión permitido para los vehículos nuevos para Latinoamérica.¹⁵

País	Estándar de emisión	Nivel de azufre en el diésel
Argentina.	Vehículos pesados, livianos y buses EURO V.	1.500 ppm (500 en Buenos Aires, Rosario, Mar del Plata, y Bahía Blanca).
Bolivia.	Buses EURO III (La Paz).	5.000 ppm.
Brasil.	Vehículos livianos EURO IV. Vehículos pesados EURO V.	1.800 ppm (entre 50 y 500 en ciudades grandes).
Chile.	Vehículos livianos EURO V. Vehículos pesados EURO V.	15 ppm.
Colombia.	Vehículos livianos EURO IV. Vehículos pesados EURO IV. Buses EURO II.	50 ppm.
Ecuador.	Vehículos livianos EURO I. Vehículos pesados EURO II.	5.000 ppm (500 en Quito y Cuenca).
El Salvador.	Vehículos livianos EURO I.	5.000 ppm.

¹⁵ <https://www.nrdc.org/sites/default/files/latin-america-diesel-pollution-IB.pdf>



Continuación Tabla 6. Estándar de emisión permitido para los vehículos nuevos para Latinoamérica.

País	Estándar de emisión	Nivel de azufre en el diésel
Guatemala.	Ninguno.	5.000 ppm.
Honduras.	Ninguno.	5.000 ppm.
México.	Vehículos livianos EURO IV. Vehículos pesados EURO IV.	300 ppm.
Nicaragua.	Ninguno.	5.000 ppm.
Paraguay.	Ninguno.	2.500 ppm.
Perú.	Vehículos livianos EURO III. Vehículos pesados EURO III. Buses EURO IV (Lima).	5.000 ppm (15 en Lima y Callao).
Uruguay.	Vehículos livianos EURO III. Vehículos pesados EURO III.	50 ppm.
Venezuela.	Vehículos pesados EURO I.	2.000 ppm.



6. Análisis de riesgos técnicos ambientales y sociales

En la tabla 7 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 7. Riesgos técnicos, ambientales y sociales de inversiones en el sector.

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



Continuación Tabla 7. Riesgos técnicos, ambientales y sociales de inversiones en el sector.

Riesgo	Tipo	Acción para su mitigación
El nivel de azufre en el diésel puede dañar los catalizadores y filtros del sistema de control de emisiones.	Técnico	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.
Ahorros en los proyectos de eficiencia de combustible.	Financiero/Técnico	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.



7. 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 aprobar la financiación de los proyectos por parte de 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 combustible 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.



8. Monitoreo, reporte y verificación del proyecto

El sector transporte puede medir su eficiencia mediante dos indicadores de monitoreo y reporte básicos presentados en la tabla 8, 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 (CO₂) emitido por unidad de distancia se mide en kilogramos de CO₂/km. La elección de la unidad varía según la región y el país.

Tabla 8. Indicadores de monitoreo de eficiencia energética en el sector transporte.

Indicador	Unidad	Valor Exante	Valor Expost
Consumo de combustible.	Km/l		
Emisiones GEI.	kg CO ₂ /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 8 por el kilometraje del nuevo vehículo después de realizar la inversión. De esta forma, los indicadores que se recomienda usar son los siguientes:

Tabla 9. 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 ₂ /año





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 CO₂/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 10 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 CO₂ para obtener 736.000 kg CO₂/año, y este valor es dividido por el kilometraje anual; obteniendo como resultado 0,33 Kg CO₂ 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 CO₂/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 CO₂ por kilómetro recorrido.

Tabla 10. Indicadores de monitoreo caso de estudio.

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

Como resultado, se presenta en la tabla 11 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 CO₂/año.

Tabla 11. Indicadores de mejora para el caso de estudio.

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

- > CAF (2010), "Observatorio de movilidad urbana para América Latina"
<https://www.caf.com/es/temas/o/observatorio-de-movilidad-urbana/>
- > 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
- > Fuel Economy – Global Trends
http://www.unep.org/transport/New/PCFV/pdf/2014PIEA_FuelEconomyGlobaltrends.pdf
- > 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



- 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>
- Transport and its infrastructure IPCC – 2014. <https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/wg3/ar4-wg3-chapter5.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
- Transport, energy and CO2. IEA. <https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/transport2009.pdf>
- Transport Resource International 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
