



ESTADO PLURINACIONAL DE
BOLIVIA

MINISTERIO DE
HIDROCARBUROS Y ENERGÍAS



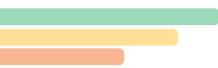
Guía para la cuantificación de la reducción de emisiones de Gases Efecto Invernadero **por introducción de la Electromovilidad** en Bolivia



Implementada por:



Programa de Energías
Renovables - PEERR II



Guía para la cuantificación de la reducción de emisiones de Gases Efecto Invernadero por introducción de la Electromovilidad en Bolivia

Autor institucional:

Ministerio de Hidrocarburos y Energías (MHE)

Viceministerio de Electricidad y Energías Alternativas (VMEEA), a través de la Dirección General de Energías Alternativas (DGEA).

Viceministerio de Planificación y Desarrollo Energético, a través de la Dirección General de Gestión Socio Ambiental (DGGSA)

Edición, diseño y diagramación:

Comunicación Programa de Energías Renovables (PEERR)

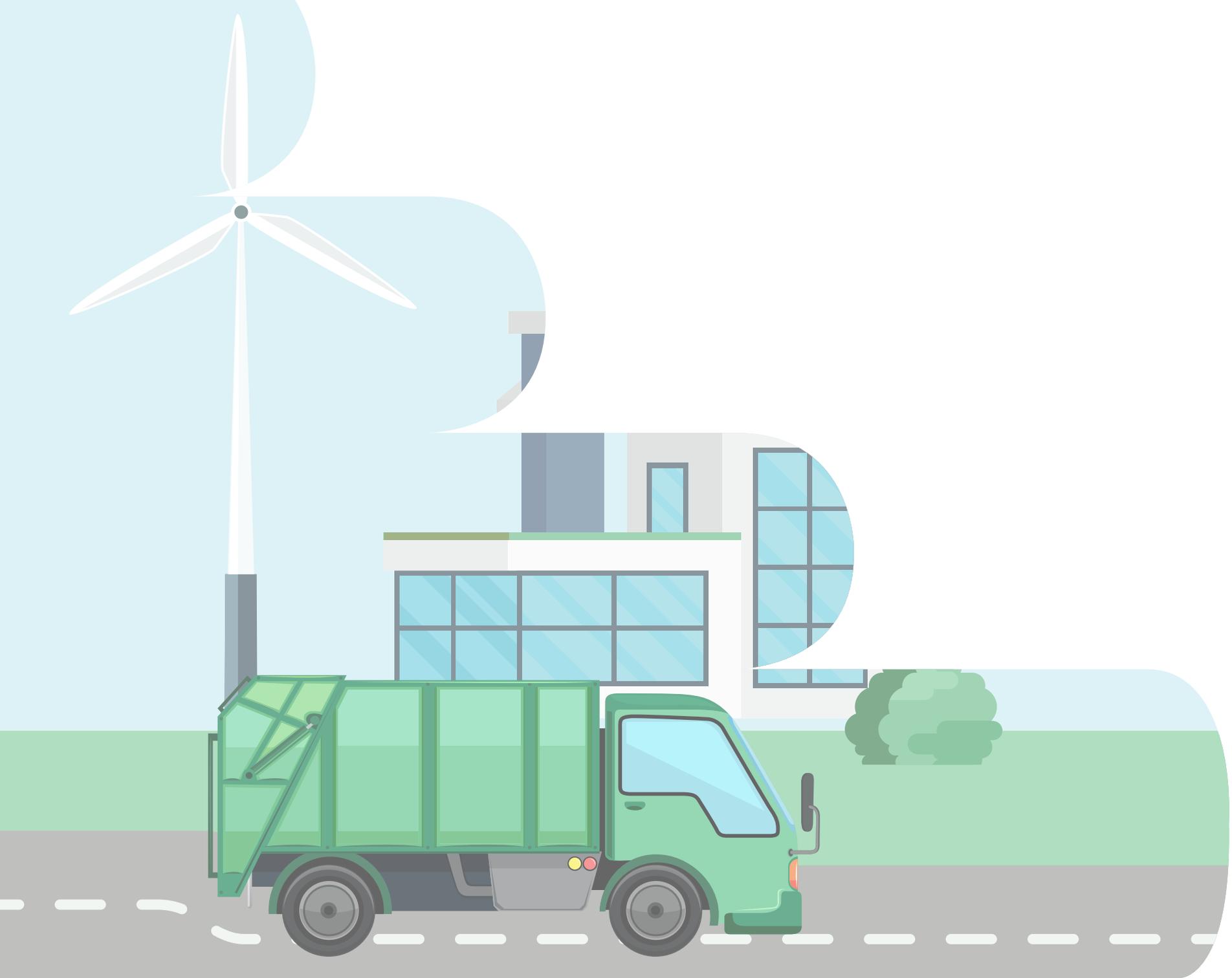
Esta publicación es apoyada por la Cooperación Alemana al Desarrollo, a través de la Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH y su Programa de Energías Renovables (PEERR).

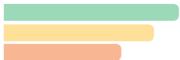
Se autoriza la reproducción total o parcial del presente documento, sin fines comerciales, citando adecuadamente la fuente.

La Paz, Bolivia, noviembre 2021



**Guía para la cuantificación de la
reducción de emisiones** de Gases
Efecto Invernadero **por introducción
de la Electromovilidad** en Bolivia

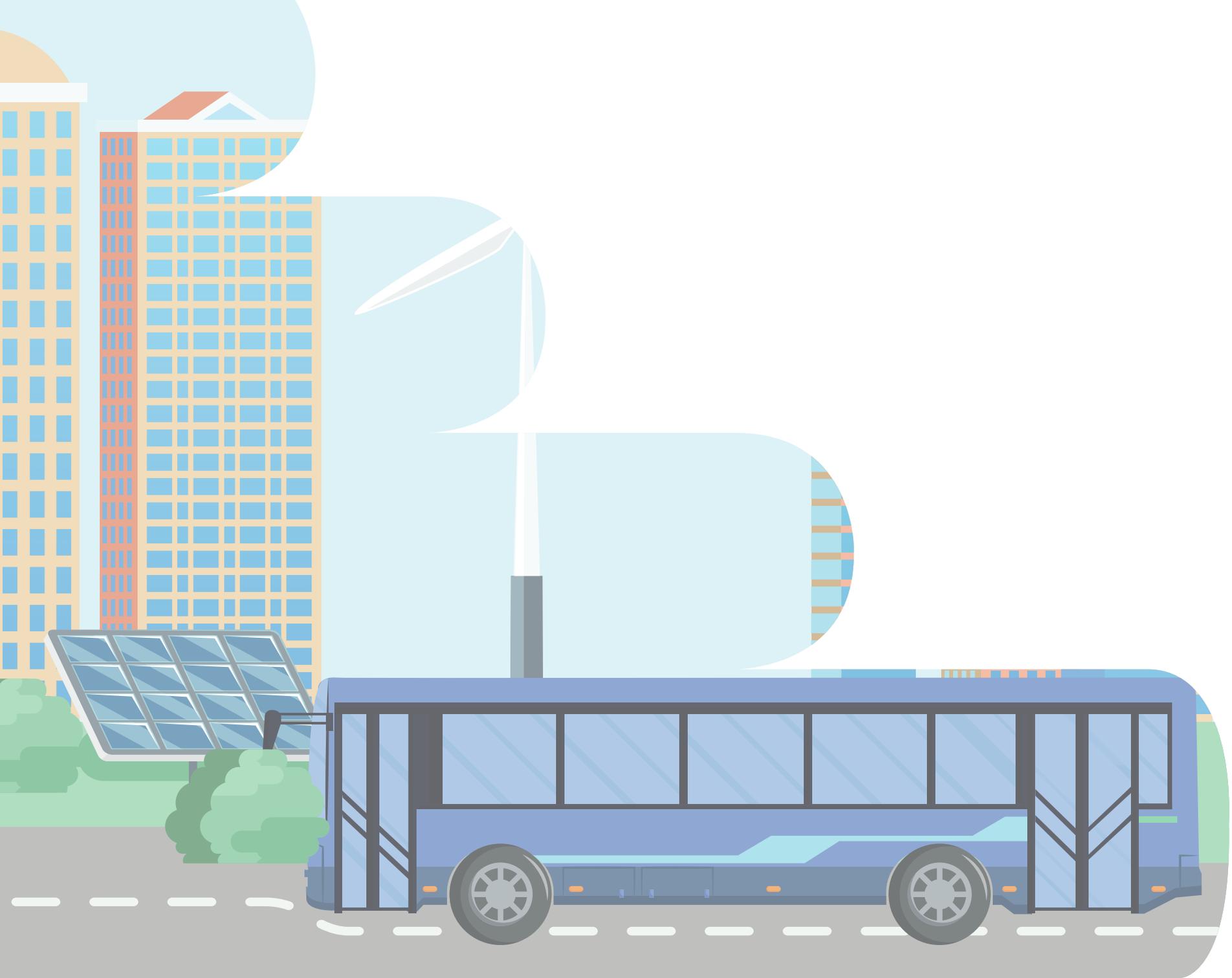




Contenido



Introducción	1
Objetivos	3
Organismos, instituciones y acuerdos	5
Primera sección: Transporte, cambio climático y electromovilidad	7
1.1. Transporte y cambio climático	9
1.1.1 Crecimiento del sector transporte y consumo de combustibles fósiles	9
1.2. Emisiones de gases de efecto invernadero provenientes de combustibles fósiles a nivel global	15
1.3. Gases de Efecto Invernadero (GEI) generados por el sector transporte en Bolivia	17
1.4. Acuerdo de París	19
1.4.1. Contribuciones Nacionalmente Determinadas (NDC) de Bolivia	20
1.5. Introducción a la electromovilidad	23
Segunda sección: Características del Sector Transporte en Bolivia	31
2.1. Caracterización del Parque Automotor en Bolivia	33
2.4.1. Caracterización del PA por Ubicación Geográfica	34
2.4.2. Parque Automotor Agrupado por Clase de Vehículo	41
2.4.3. Parque Automotor Agrupado por clase de servicio	45
2.4.4. Parque Automotor Agrupado por Modelo	46
2.4.5. Parque Automotor Agrupado por Cilindrada	48
2.4.6. Parque Automotor Agrupado por Tipo de Combustible Utilizado	50





Tercera sección: Cuantificación de la línea base de emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) del sector transporte urbano y la reducción de emisiones por el efecto de la introducción de la movilidad eléctrica en Bolivia	53
3.1. Metodología	55
3.2. Alcance del estudio	57
3.3. Definiciones, parámetros y datos importantes para el cálculo de la línea base y reducción de emisiones por introducción de la electromovilidad en Bolivia	58
3.4. Resultados	68
3.4.1. Línea Base de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) del Parque Automotor	68
3.4.2. Reducción de Emisiones de GEI por efecto de introducción de la Electromovilidad en Bolivia	94
3.4.3. Conclusiones	105



El Ministerio de Hidrocarburos y Energías (MHE), a través de la Dirección General de Energías Alternativas (DGEA) del Viceministerio de Electricidad y Energías Alternativas (VMEEA), y la Dirección General de Gestión Socio Ambiental (DGGSA) del Viceministerio de Planificación y Desarrollo Energético, con el apoyo de la Cooperación Alemana al Desarrollo GIZ (GmbH) y su Programa de Energías Renovables (PEERR), pone a disposición de las instituciones, organizaciones y profesionales vinculados al Sector Eléctrico comprometidas con el cambio climático, el “Estudio de cuantificación de la reducción de emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) por introducción de la electromovilidad en Bolivia.

La movilidad eléctrica se convierte en una herramienta clave para mitigar los efectos del cambio climático, reducir la contaminación del aire y mejorar la seguridad energética. Para alcanzar el objetivo de limitar el calentamiento global a menos de 2 grados Celsius, como lo establece el Acuerdo de París sobre el cambio climático, el sector de transporte, que representa el 20% de las emisiones globales de CO₂, deberá cambiar rápidamente hacia opciones de cero emisiones. Esto solo será posible a través de la electrificación masiva del sector de transporte, junto con la descarbonización del sistema eléctrico en Bolivia que será utilizado para cargar vehículos eléctricos.

A nivel mundial y regional, el uso de combustibles fósiles en el sector transporte continúa creciendo y con ello el aumento de la

concentración de emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI). Según las Naciones Unidas, los combustibles fósiles comprenden el 80% de la demanda actual de energía primaria a nivel mundial.

En Bolivia, el parque vehicular se ha duplicado, de tener algo menos de un millón de vehículos en el año 2010, actualmente se tiene más de 2 millones con una proyección que demuestra que al año 2030 crecería un 82%, llegando a 3,7 millones de motorizados. Este incremento tiene una relación directa con el consumo de combustibles fósiles, siendo que según datos de la Agencia Nacional de Hidrocarburos (ANH) el consumo promedio mensual de diésel y gasolina es de 242 millones de litros que a su vez es proporcional con los datos de la Tercera Comunicación Nacional del Estado Plurinacional de Bolivia, que establece que el sector transporte aportó con 5.265,49 Gg¹ de CO₂-e el año 2008.

El aumento exponencial del Parque Automotor de manera conjunta con el uso de combustibles fósiles, al margen de incrementar las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) del sector transporte, viene generado muchas externalidades negativas: mayor polución del aire, contaminación acústica, contaminación visual y, por lo tanto, crecimiento de la subvención, mayor congestión vehicular y accidentes viales.

Frente a este escenario es importante considerar una Transición Energética, como una exigencia climática, económica y política para responder a los desafíos del sector y como consecuencia

1 1 Gg de CO₂ es una unidad comúnmente empleada en los inventarios de emisiones, en donde se considera también equivalente a 1000 toneladas de CO₂, es decir, 1 Gg de CO₂ = 1000 T CO₂ (SEMARNAT, 2009).



de la diversificación de la matriz energética, que permitirá la descarbonización de la economía e incorporación de las energías renovables y alternativas en otros sectores como el sector transporte mediante la implementación de la electromovilidad, una de las soluciones presentadas y hacia las cuales avanza el Estado Plurinacional con la visión de un futuro eléctrico y sustentable que viene de la mano con impulsar el cambio radical del modelo de transporte actual, que reduzca la necesidad de movilidad motorizada privada y promueva el transporte público colectivo eléctrico.

El nuevo paradigma de la movilidad urbana plantea la priorización de sistemas menos contaminantes, colocando al humano en el centro de la política. Los dos primeros peldaños de la prioridad lo ocupan los viajes a pie y en transporte no motorizado (bicicleta fundamentalmente) seguidos del transporte público masivo, el transporte de carga y finalmente el transporte privado.

La electromovilidad bajo este nuevo paradigma no debe ser pensada con prioridad en la promoción de la movilidad privada sino más bien como una herramienta altamente eficiente de mejora de los sistemas de transporte público y de carga.

Los recientes proyectos de electromovilidad inaugurados en América Latina, plantean la introducción de buses de alta capacidad en sustitución de sus pares en combustible fósil. En el caso boliviano, se tendría que pasar primero de nuestro actual sistema de buses y minibuses de baja capacidad a unidades de 60 y 80 pasajeros para luego migrar a buses eléctricos, sin embargo, se tiene la oportunidad de hacer un salto tecnológico directamente al bus eléctrico, ya que no solamente es menos contaminante, sino que también ha demostrado ser mucho más eficiente energéticamente.

Como efecto de la aplicación de la presente Guía Técnica, se presentan los resultados para los siguientes escenarios, en los cuáles se calcula la reducción de las emisiones de GEI (CO₂-e) como resultado de la introducción de vehículos eléctricos:

Escenario 1: Introducción de movilidad eléctrica sustituyendo inicialmente 5% al año 2022, incrementando 2.5 % anual hasta llegar al 25% al año 2030 del crecimiento del parque automotor de Buses, Microbuses, Minibuses y Furgones a combustible fósil (Gasolina y Diésel) por Buses 100% eléctricos que se utilizarían en el transporte público de pasajeros en Bolivia, a partir del año 2022.

La reducción prevista de GEI para el periodo 2022 - 2030 es de 950.073 tCO₂-e. El consumo de combustible fósil evitado sería de 350 y 119 Millones de litros de gasolina y diésel respectivamente y el incremento de consumo de electricidad alcanzaría a 717 GWh.

Escenario 2: Introducción de movilidad eléctrica sustituyendo inicialmente 5% al año 2022, incrementando 2.5 % anual hasta llegar al 25% al año 2030 del crecimiento del parque automotor de Camiones, Tractocamiones, Torpedos y Trimovil que funcionan con combustible fósil (diésel) por Camiones 100% eléctricos que se utilizarían en el transporte de carga en Bolivia, a partir del año 2022.

Este escenario permitiría reducir la emisión de 842.040 tCO₂-e de GEI, el diésel evitado sería de 581 Millones de litros y el incremento de consumo de electricidad alcanzaría a 2.979 GWh.

Escenario 3: sustituyendo inicialmente 5% al año 2022, incrementando 2.5 % anual hasta llegar al 25% al año 2030 del crecimiento del parque automotor de automovil particular, taxi y trufis que funcionan con combustibles fósiles (gasolina) por automóviles 100% eléctricos que se utilizarían en el transporte de pasajeros en Bolivia en los mismos usos y rutas, a partir del año 2022.

Este escenario permitiría reducir la emisión de 249.089 tCO₂-e de GEI para el periodo 2022 - 2030, la gasolina evitada sería de 144,8 Millones de litros y el incremento de consumo de electricidad alcanzaría a 318,7 GWh.

Objetivo General

El objetivo de la presente Guía Técnica es proporcionar al Sector Eléctrico, instituciones y organizaciones involucradas y comprometidas con el cambio climático los resultados del estudio sobre la “Cuantificación de la reducción de emisiones de Gases Efecto Invernadero por Introducción de la Electromovilidad en Bolivia” así como las metodologías, procedimientos y herramientas para la cuantificación mediante la aplicación de la metodología AMS.III-S aprobada por la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC).

Objetivos Específicos

- Dar a conocer como la introducción de la electromovilidad en Bolivia cambiaría el panorama actual del sector transporte como consecuencia de la diversificación de la matriz energética, trayendo diversos beneficios, entre ellos la reducción a la subvención a los hidrocarburos, mitigar los efectos del cambio climático, mejora de la calidad del servicio de transporte y salud de la población.
- Dar a conocer las características y dinámica del Parque Automotor en Bolivia, la proyección de crecimiento al 2030 y la incidencia en el consumo de combustibles fósiles y sus emisiones con respecto al Cambio Climático y salud de la población.
- Presentar los resultados del estudio en términos de toneladas de Dióxido de Carbono equivalente ($tCO_{2,e}/año$) generadas (línea base) por el transporte en Bolivia bajo el análisis de tipos de vehículos, tipo de combustible y tipo de servicio.
- Detallar las metodologías, procedimientos y herramientas aprobadas por la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), empleadas para el cálculo de la línea base de emisiones y reducción de emisiones por introducción de electromovilidad en Bolivia.
- Dar a conocer los resultados de reducción de emisiones de Gases Efecto Invernadero (GEI) en toneladas de Dióxido de Carbono equivalente ($tCO_{2,e}/año$) reducido, así como la cantidad de combustible (gasolina, diésel o gas natural) que se evitará como resultado de la introducción de vehículos eléctricos en Bolivia bajo los escenarios detallados en la introducción y previstos a partir del año 2022.



Organismos, instituciones y acuerdos

Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC): Tiene como objetivo final prevenir la interferencia humana “peligrosa” con el sistema climático. En 1992, la Cumbre para la Tierra dio lugar a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), como primer paso para afrontar el problema. Actualmente, cuenta con una composición casi universal con un total de 197 países que han ratificado la convención, convirtiéndose en partes de la misma. Bolivia la ratificó en 1994 mediante Ley N° 1576.

Panel Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC): Fue creado (1988) por la Organización Meteorológica Mundial (OMM) y el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), con el objetivo de proporcionar una fuente objetiva de información científica y autorizada a nivel mundial sobre el cambio climático.

Protocolo de Kyoto: Protocolo de la CMNUCC, adoptado en 1997 en Kioto, Japón. Obliga jurídicamente a los países desarrollados que son parte, a cumplir metas de reducción de las emisiones de Gases de Efecto Invernadero. El primer período de compromiso comenzó en 2008 y finalizó en 2012. El segundo período inició en 2013 y concluirá en 2020. Actualmente 192 países son partes del mismo. Bolivia ratificó el Protocolo de Kyoto a través de la Ley 1988 el año 1999.

Autoridad Plurinacional de la Madre Tierra (APMT): Creada en octubre de 2012, bajo la dependencia del Ministerio de Medio

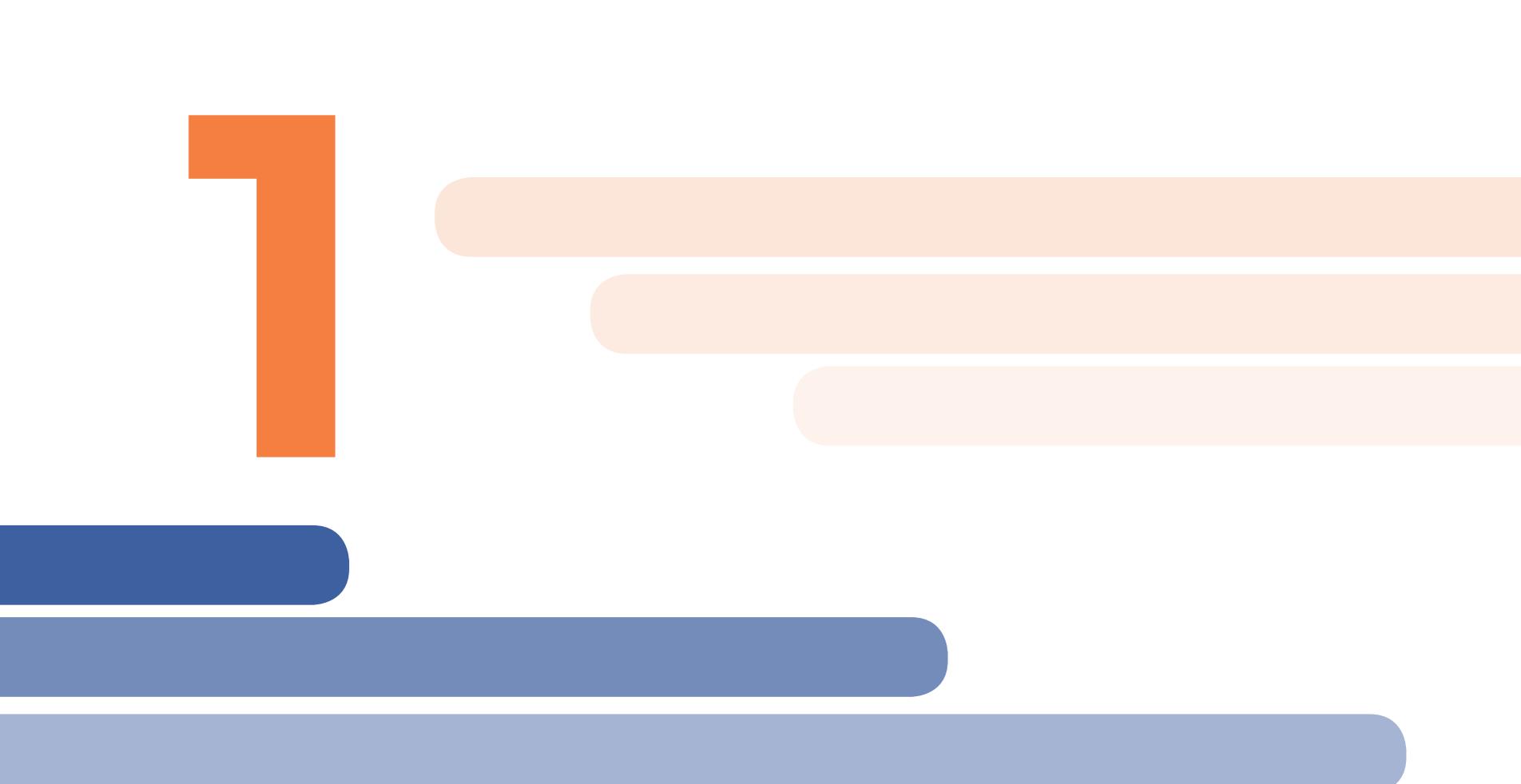
Ambiente y Agua (MMAYA). Desarrolla, administra, opera y ejecuta la Política de Cambio Climático a nivel nacional a través de sus mecanismos operativos de carácter técnico, metodológico y financiero con relación a la mitigación y adaptación al Cambio Climático.

Acuerdo de París: Acuerdo de la CMNUCC, entró en vigor en noviembre de 2016 durante la XXI Conferencia sobre Cambio Climático (COP 21 en París), sin embargo, su aplicabilidad será a partir del año 2020, cuando finaliza la vigencia del Protocolo de Kyoto.

En este acuerdo, las partes en la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) alcanzaron un acuerdo histórico, en el que, a diferencia del Protocolo de Kyoto, todos los países desarrollados, en vías de desarrollo y no desarrollados se comprometen a la implementación de medidas de mitigación al cambio climático, con el objetivo de combatirlo y acelerar e intensificar las acciones y las inversiones necesarias para un futuro sostenible con bajas emisiones de carbono.

Agencia Internacional de Energía (AIE): Organización internacional, creada por la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE), fundada en 1973 como consecuencia de la crisis del petróleo. Sus actividades son orientadas a los tres aspectos más relevantes de las políticas energéticas: seguridad energética, desarrollo económico y protección del medio ambiente.





1

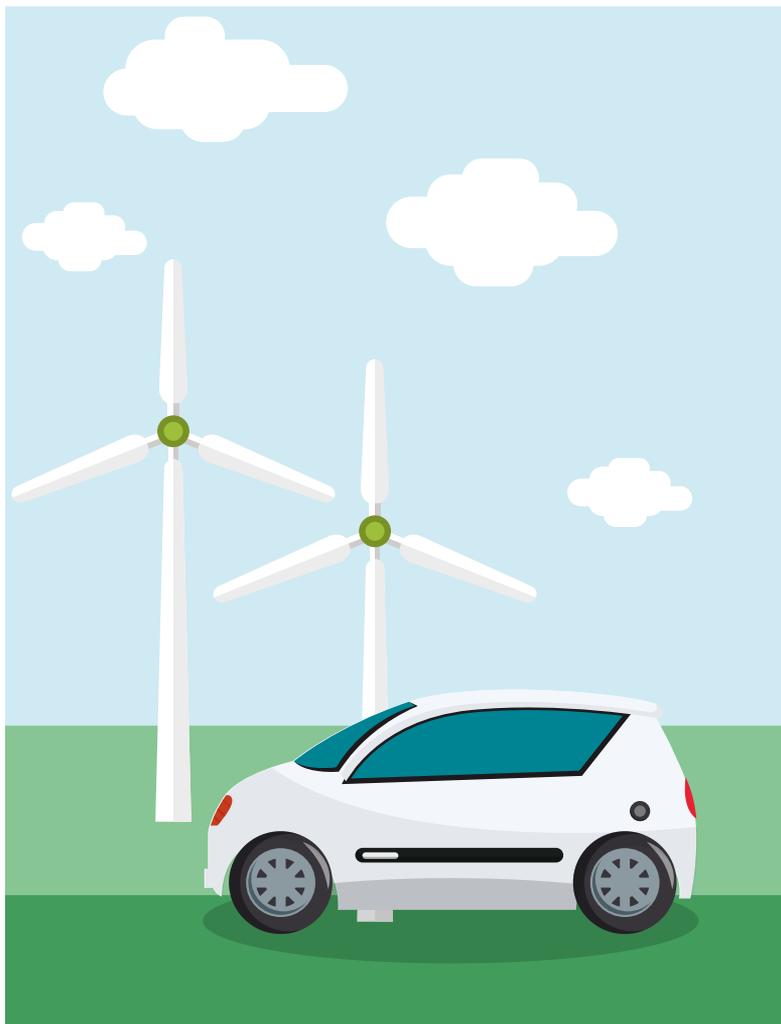
Primera sección
transporte, cambio climático
y electromovilidad



- 1. Koneksi Listrik
- 2. Koneksi Listrik
- 3. Koneksi Listrik
- 4. Koneksi Listrik



TRANSPORTE Y CAMBIO CLIMÁTICO



1.1.1 Crecimiento del sector transporte y consumo de combustibles fósiles

El crecimiento y desarrollo del sector transporte es considerado como un estándar de progreso dentro de las sociedades que demandan mayor infraestructura, potencia, velocidad de motorizados y calidad del servicio. A nivel tiene una fuerte dependencia de los combustibles fósiles, siendo los más utilizados la gasolina y el diésel.

De acuerdo a datos de la ONU, América Latina representa una de las regiones más urbanizadas del planeta, 80% de la población vive en las ciudades y el número de ciudades ha aumentado seis veces en los últimos 50 años. El informe “Movilidad eléctrica: Oportunidades para Latinoamérica” (2017), establece que en los próximos 25 años la flota vehicular de la región podría triplicarse llegando a superar los 200 millones de unidades.

En Bolivia los datos históricos entre el 2003 y 2019 muestran un porcentaje de crecimiento de aproximadamente el 11% como se ve a continuación:

Serie histórica Parque Automotor Boliviano 2003-2019

$y = 8,33201x - 68,678$
 $R^2 = 0,9954$

		Total Vehículos (miles)	% Crecimiento	PIB (miles de MM\$us a precios constantes de 2010)	% Crecimiento	Población (Personas)	Tasa Motorización
Datos Históricos	2003	444		14		8.908.625	49,86
	2004	494	11%	15	4,17%	9.068.890	54,49
	2005	537	9%	16	4,42%	9.229.155	58,14
	2006	602	12%	16	4,80%	9.389.422	64,09
	2007	700	16%	17	4,56%	9.549.689	73,26
	2008	843	20%	18	6,15%	9.709.958	86,80
	2009	906	7%	19	3,36%	9.870.229	91,78
	2010	961	6%	20	4,13%	10.030.501	95,83
	2011	1.083	13%	21	5,20%	10.190.775	106,27
	2012	1.207	11%	22	5,12%	10.351.118	116,58
	2013	1.327	10%	23	6,80%	10.507.789	126,27
	2014	1.456	10%	24	5,46%	10.665.841	136,55
	2015	1.575	8%	26	4,86%	10.825.013	145,45
	2016	1.711	9%	27	4,26%	10.985.059	155,76
	2017	1.800	5%	28	4,20%	11.145.770	161,53
	2018	1.910	6%	29	4,22%	11.307.314	168,93
	2019	2.013	5%	30	2,22%	11.469.896	175,54

Fuente Datos PIB: Banco Mundial: Indicadores del desarrollo mundial; PIB a precios constantes de 2010

<https://datos.bancomundial.org/indicador/NY.GDP.MKTP.KD.ZG?locations=BO>

Fuente Crecimiento PIB: FMI - Informe sobre el país No. 20/182, Mayo/2020

<https://www.imf.org/es/Publications/CR/Issues/2020/05/29/Bolivia-Request-for-Purchase-Under-the-Rapid-Financing-Instrument-Press-Release-Staff-Report-49465>

Fuente Datos Población: INE (www.ine.gob.bo)

De acuerdo a los resultados del estudio sobre la “Cuantificación de la reducción de emisiones de Gases Efecto Invernadero (GEI) por Introducción de la Electromovilidad en Bolivia”, se tienen

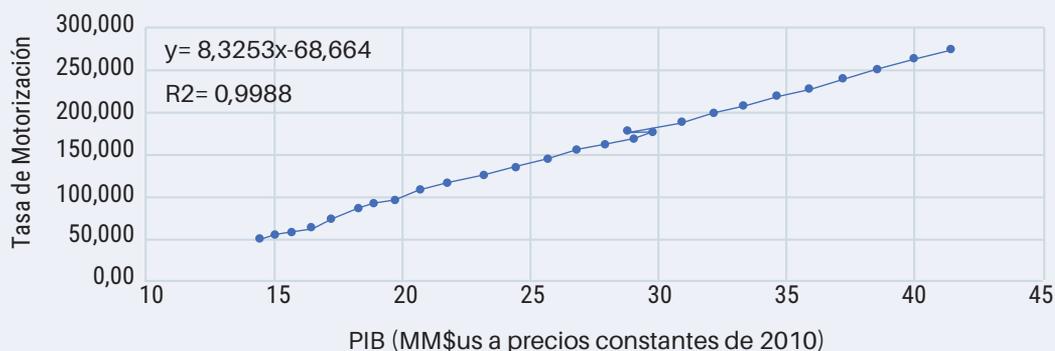
datos proyectados para el periodo 2020 – 2030 que muestran un porcentaje de crecimiento del 6%, como se observa en el siguiente cuadro:

Proyección del Parque Automotor Bolivia 2020-2030

		Total Vehículos (miles)	% Crecimiento	PIB (miles de MM\$us a precios constantes de 2010)	% Crecimiento	Población (Personas)	Tasa Motorización
Datos Históricos	2020	2.042	1,4%	29	-2,90%	11.633.371	175,54
	2021	2.100	2,8%	30	2,80%	11.797.257	178,00
	2022	2.253	7,3%	31	4,20%	11.961.042	188,36
	2023	2.409	6,9%	32	4,00%	12.125.003	198,65
	2024	2.563	6,4%	33	3,70%	12.289.431	208,54
	2025	2.725	6,3%	35	3,70%	12.454.178	218,79
	2026	2.895	6,3%	36	3,70%	12.619.100	229,43
	2027	3.074	6,2%	37	3,70%	12.784.057	240,46
	2028	3.262	6,1%	39	3,70%	12.949.224	251,90
	2029	3.459	6,0%	40	3,70%	13.114.794	263,76
	2030	3.666	6,0%	41	3,70%	13.280.632	276,06

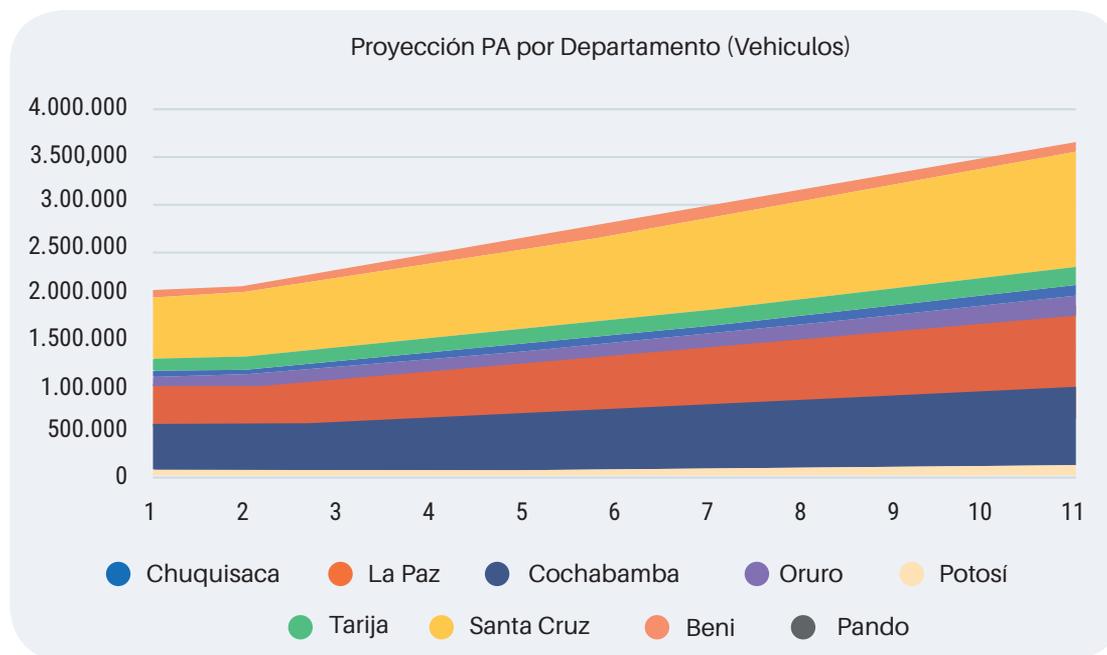
Fuente: “Cuantificación de la reducción de emisiones de Gases Efecto Invernadero por Introducción de la Electromovilidad en Bolivia”

Correlación entre el PIB y la Tasa de Motorización (2003-2030)



La cantidad de vehículos y la tasa de motorización tiene una correlación directa con el PIB, teniéndose una proyección de **3.7 millones de vehículos al año 2030.**

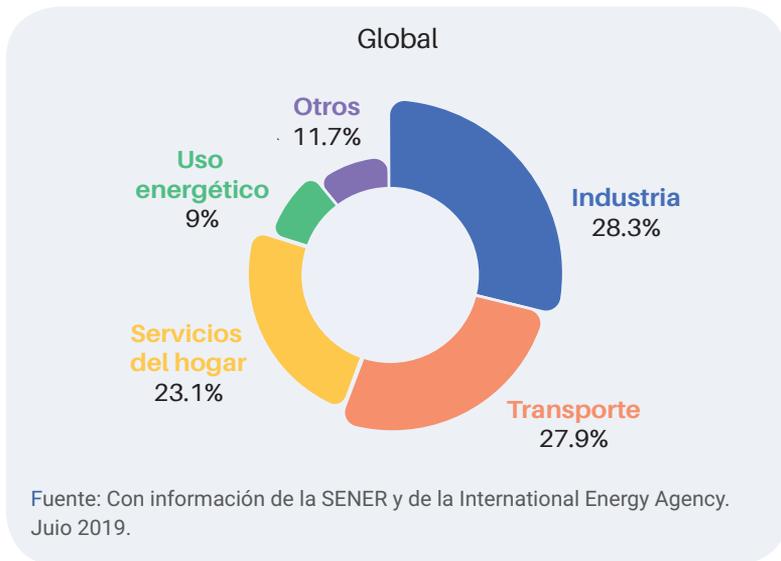
% Participación por departamento	2019
Chuquisaca	3,9%
La Paz	23,4%
Cochabamba	21,5%
Oruro	5,1%
Potosí	3,5%
Tarija	5,7%
Santa Cruz	34,1%
Beni	2,5%
Pando	0,3%
Total	100,0%



Proyección del Parque Automotor por Departamento 2020-2030

Departamento	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Chuquisaca	79.309	81.556	87.501	93.543	99.532	105.827	112.442	119.388	126.683	134.344	142.387
La Paz	478.598	492.157	528.033	564.489	600.632	638.622	678.536	720.454	764.475	810.707	859.243
Cochabamba	438.594	451.020	483.897	517.305	550.428	585.242	621.820	660.234	700.575	742.943	787.423
Oruro	104.771	107.739	115.593	123.574	131.486	139.803	148.540	157.716	167.353	177.474	188.099
Potosí	72.146	74.190	79.598	85.093	90.542	96.268	102.285	108.604	115.240	122.209	129.526
Tarija	116.054	119.342	128.041	136.881	145.645	154.858	164.536	174.701	185.375	196.586	208.355
Santa Cruz	696.761	716.500	768.730	821.804	874.422	929.730	987.838	1.048.863	1.112.950	1.180.257	1.250.918
Beni	50.123	51.543	55.301	59.119	62.904	66.883	71.063	75.453	80.063	84.905	89.988
Pando	5.739	5.901	6.331	6.769	7.202	7.657	8.136	8.639	9.166	9.721	10.303
Total	2.042.096	2.099.948	2.253.026	2.408.576	2.562.793	2.724.890	2.895.197	3.074.051	3.261.881	3.459.146	3.666.242

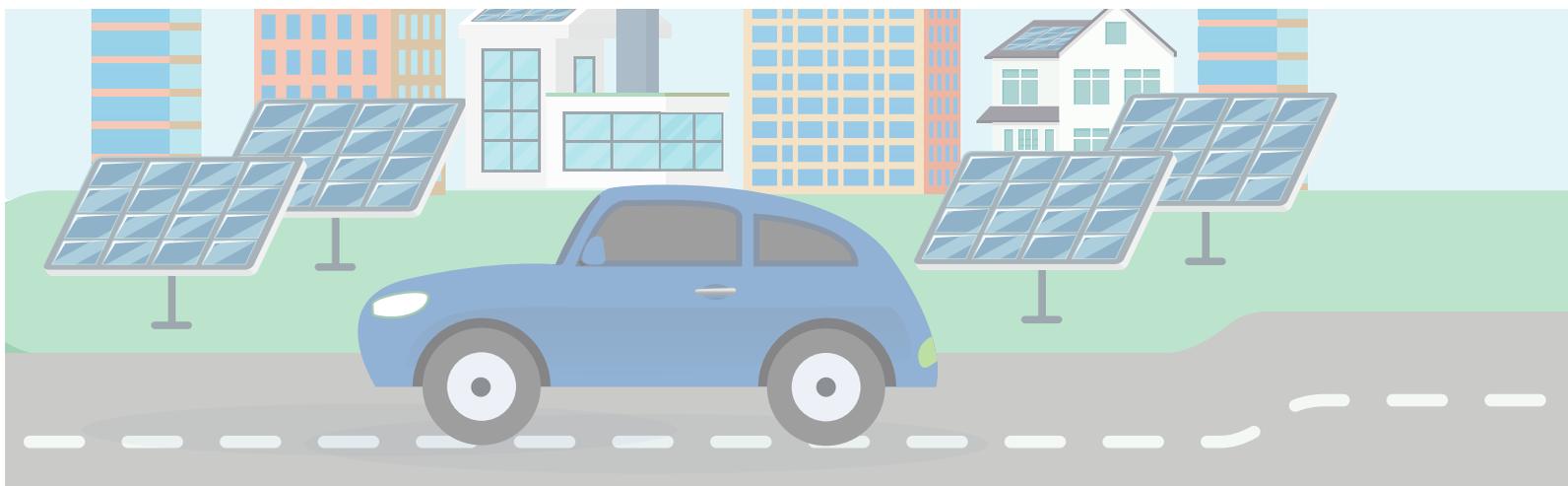
A nivel mundial el sector transporte consume el **28%** del total de la energía generada mediante el empleo de combustibles de origen fósil.



En Bolivia la producción de hidrocarburos se caracteriza por ser abundante en gas natural y baja cuantía en petróleo, por lo que es insuficiente para abastecer el mercado interno.

Según el Instituto de Comercio Exterior (IBCE), en la última década, Bolivia ha erogado más de \$us 11.000 millones de dólares en la importación de combustibles con la finalidad de aliviar el déficit en la producción nacional de diésel oíl y gasolina, destinados principalmente al sector transporte, siendo éste tan solo uno de los aspectos negativos asociados al empleo de combustibles en nuestra sociedad.

El incremento demográfico, la consecuente demanda de movilidad urbana y el aumento en el consumo de combustibles fósiles, constituyen una preocupación creciente a nivel mundial, regional y local por sus efectos, no únicamente sobre el cambio climático por la generación de GEI, también sobre la salud humana, calidad del servicio de transporte y seguridad energética.

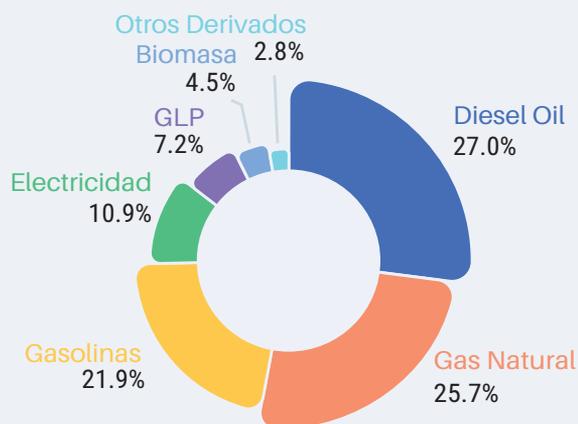


Estructura de consumo final de energía a nivel nacional

Energía Primaria	Consumo energético 2019	Porcentaje
Diesel Oil	12.660,27	27,0%
Gas Natural	12.025,76	25,7%
Gasolinas	10.258,04	21,9%
Electricidad	5.091,21	10,9%
GLP	3.351,46	7,2%
Biomasa	2.109,62	4,5%
Otros Derivados	1.319,59	2,8%
Total	46.815,93	100,0%

El 40% de la energía generada a nivel nacional es utilizada por el sector transporte.

Consumo de energía por tipo de fuente 2019



Fuente Ministerio de Hidrocarburos, Balance Energético Nacional 2019

A nivel nacional



El Ministerio de Hidrocarburos y Energía presentará el Balance Energético Departamental donde incluye información sobre el consumo de energía, incluyendo las actividades de producción de energéticos primarios, como el gas natural, hidroenergía y la biomasa, su transformación en energía secundaria.

En Bolivia el consumo de energía por tipo de fuente es priorizado por el consumo de diésel con un 27%.

1.2.

Emisiones de gases de efecto invernadero provenientes de combustibles fósiles a nivel global

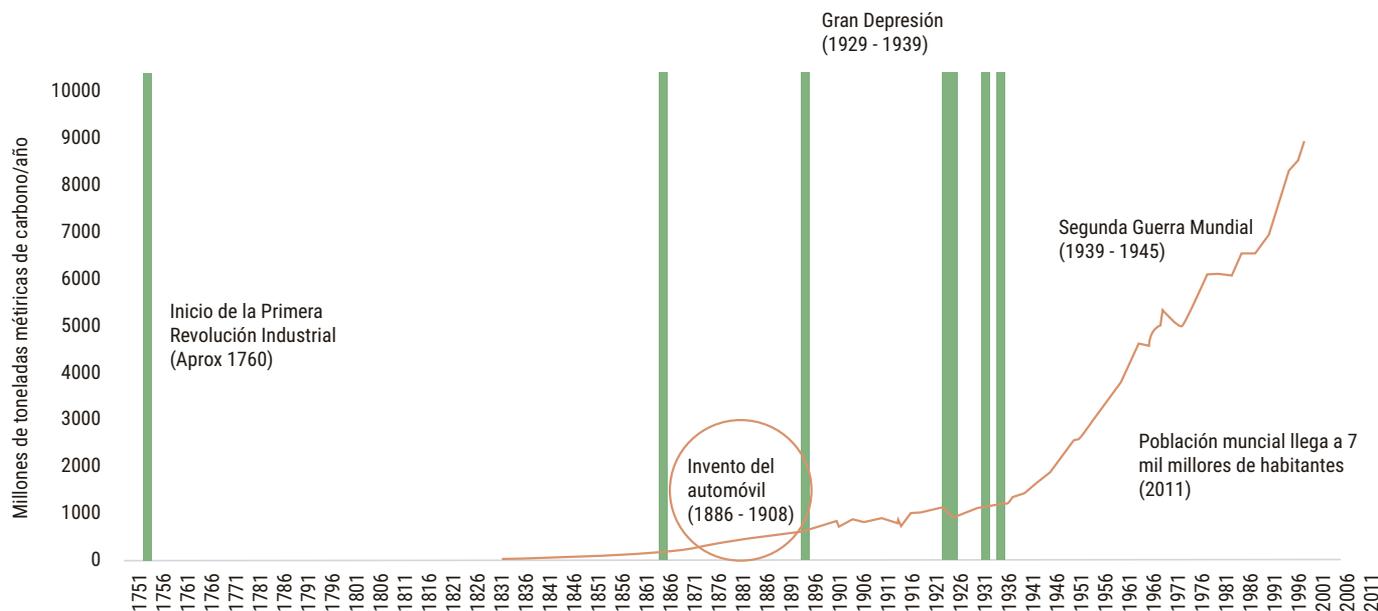
Las emisiones de GEI, en las últimas décadas, están elevando la temperatura del planeta. El calentamiento global inducido por el hombre alcanzó aproximadamente 1°C por encima de los niveles preindustriales, aumentando a 0.2 °C por década.

La concentración media global en la atmósfera de la Tierra debería mantenerse en aproximadamente 400 partes por millón (ppm), donde cada parte por millón representa 2,13 mil millones de toneladas de carbono en la atmósfera (Fuente: Carbon Dioxide Information Analysis Center. Oak Ridge National Laboratory). Sin

embargo, en 2018 la Organización Meteorológica Mundial (OMM) y el Panel Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) ha revelado que la concentración media mundial de dióxido de carbono (CO2) pasó de 280 partes por millón (ppm) en la era preindustrial a 415 ppm el año 2019, alcanzando así cifras históricas desde hace más de 3 millones de años.

A nivel global, el consumo de combustibles fósiles es responsable del 64% de las emisiones de GEI, casi un cuarto de ellas corresponde al sector transporte.

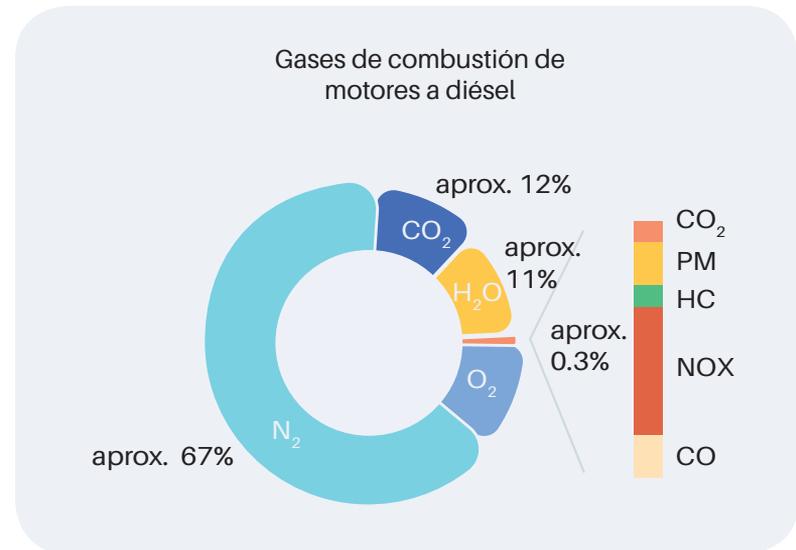
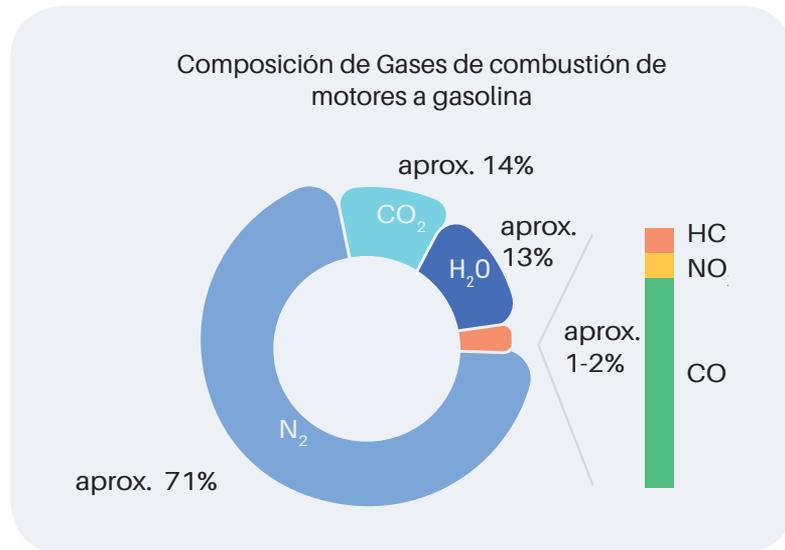
Emisiones de Carbono provenientes del consumo de combustibles fósiles (1751 - 2011)





El tipo de combustión y el combustible, utilizado en el parque automotor, define la composición de los gases de escape de un

vehículo y en consecuencia los contaminantes primarios que serán emitidos a la atmósfera, como se puede ver a continuación:



Durante la combustión completa los GEI que se generan son el dióxido de carbono (CO₂), Metano (CH₄), Óxidos Nitrosos (N₂O) y vapor de agua (H₂O) los cuales tienen una incidencia directa sobre el calentamiento global. El monóxido de carbono (CO), hidrocarburos (HC), nitrógeno (N₂), dióxido de azufre (SO₂) y material particulado (PM) tienen efectos nocivos sobre la calidad atmosférica entre ellos la lluvia ácida, destrucción de la capa de ozono y smog fotoquímico, desencadenando además problemas en la salud de la población.

Un dato alarmante en la contribución de las emisiones de los vehículos pesados, que si bien son bajos en porcentaje, aportan fuertemente tanto en emisiones de gases de efecto invernadero como en material particulado. A nivel global el 11% de los vehículos son pesados, pero aportan con el 46% de las emisiones de GEI y el 71% del material particulado. (The ICCT)

La Primera Conferencia Mundial de la OMS sobre Contaminación del Aire y Salud celebrada en noviembre de 2018, concluyó que más de la mitad de todas las muertes por neumonía en niños menores de cinco años se deben a la contaminación del aire; la exposición temprana a la vida se asocia con un mayor riesgo de muchas enfermedades crónicas, en el caso de personas mayores y las personas con afecciones cardiorrespiratorias preexistentes y diabetes corren un riesgo especial.



1.3.

Gases de Efecto Invernadero (GEI) generados por el sector transporte en Bolivia

Según las guías del Panel Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC), las emisiones generadas por el sector energía consideran las siguientes categorías: industrias de la energía, industrias manufactureras, construcción, transporte y otros sectores. La categoría Transporte incluye:

- Aviación civil
- Transporte terrestre
- Ferrocarriles
- Navegación marítima y fluvial
- Otros transportes.

Figura: Resumen de emisiones de CO₂ de los sub sectores del sector Energía para los años 2006 y 2008



Fuente: Tercera Comunicación Nacional del Estado Plurinacional de Bolivia, Ministerio de Medio Ambiente y Autoridad Plurinacional de la Madre Tierra, 2020

La contribución del transporte a las emisiones totales de CO_{2-eq} del sector Energía, fueron de 4.574,14 Gg el año 2006 y 5.265,49 Gg el año 2008.

En lo que corresponde a transporte terrestre (sin incluir el transporte Ferroviario), fue la categoría que más aportó en las emisiones:

- Vehículos con combustible a gasolina aportaron con 27,11% el año 2006 y 33,79% de emisiones el año 2008.

- Vehículos con combustible a diésel aportaron con 32,87% el año 2006 y 27,89% de emisiones el 2008.

Figura: Emisiones de CO₂ del subsector Transporte terrestre para los años 2006 y 2008



Fuente: Tercera Comunicación Nacional del Estado Plurinacional de Bolivia, Ministerio de Medio Ambiente y Autoridad Plurinacional de la Madre Tierra, 2020

La contaminación atmosférica generada por los GEI provenientes de la combustión en vehículos del parque automotor en Bolivia tiene como efectos grandes problemas ambientales en los principales centros urbanos (La Paz, Cochabamba y Santa Cruz) afectando a la calidad del aire y la salud de la población.

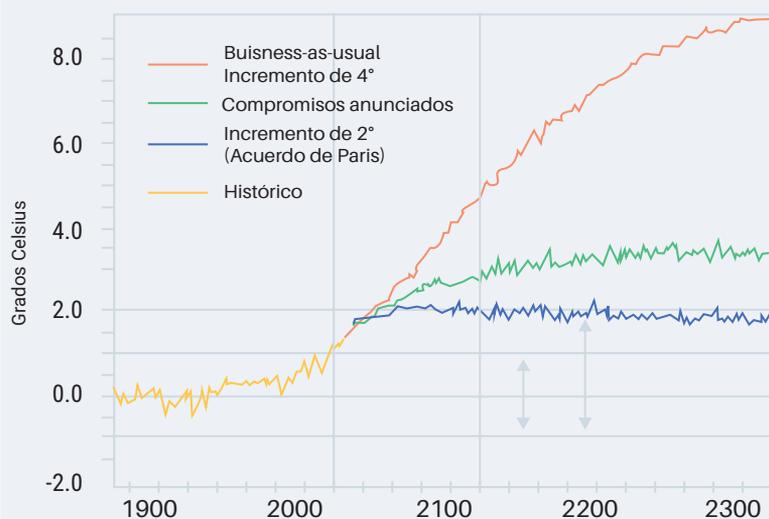
El Inventario de emisiones de la ciudad de La Paz (2007), por ejemplo, muestra una responsabilidad del 96% del sector transporte.

1.4.

Acuerdo de París

El principal objetivo del Acuerdo de París², es limitar el calentamiento global en un máximo de 2°C y procurar que éste no supere los 1,5°C. Bolivia busca cumplir los objetivos del Acuerdo de París y la agenda al 2030, integrando sus estrategias a los planes nacionales de desarrollo.

Escenarios de temperatura media del IPCC* hasta 2300



Fuente: 5to Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC), 2014.

- ✓ Tiene como objeto fortalecer considerablemente los esfuerzos nacionales de mitigación y adaptación, incluso mediante el apoyo y cooperación internacional.
- ✓ Reconoce el principio de responsabilidades comunes, pero diferenciadas a la vez. Los países desarrollados deben apoyar a los países en vías de desarrollo para poder implementar las medidas de mitigación y adaptación al cambio climático.
- ✓ Los países industriales se comprometieron a movilizar al año 2020 un valor de 100 billones de dólares americanos, siendo la herramienta central para la canalización, el Fondo Verde para el Clima (GCF por sus siglas en inglés). A partir del 2020, el Fondo Verde debe canalizar anualmente 100 billones de dólares americanos a proyectos.

² En el Día de la Tierra (22 de abril de 2016), 175 líderes mundiales firmaron el Acuerdo de París en la sede de las Naciones Unidas. Este fue el acuerdo internacional que más países firmaron en una sola jornada. Desde entonces, otros también lo firmaron, llegando actualmente a 184 países.

1.4.1. Contribuciones Nacionalmente Determinadas³ (NDC) de Bolivia

Compromisos nacionales

En el año 2020, los países han sido llamados a aumentar la ambición de sus compromisos climáticos y a orientar el desarrollo de sus sociedades hacia economías bajas en carbono y resilientes al clima, en persecución del objetivo del Acuerdo de París y en respuesta al urgente llamado realizado por el IPCC en el 2018 con su reporte especial: "Calentamiento Global 1,5°C", es así que los países deben actualizar sus NDC, las cuales deben ser siempre una progresión con respecto a las anteriores y proveer metas a largo plazo.

Actualmente Bolivia se encuentra trabajando en la formulación de sus nuevos NDC para su envío a la Convención Marco de

las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), en esta actualización se está considerando la inclusión de la electromovilidad en Bolivia, dentro de las medidas de mitigación.

La descarbonización del sector transporte se considera como uno de los principales efectos de la descarbonización del sector eléctrico que avanza hacia la reducción de GEI provenientes de tecnología que utilicen combustibles fósiles.

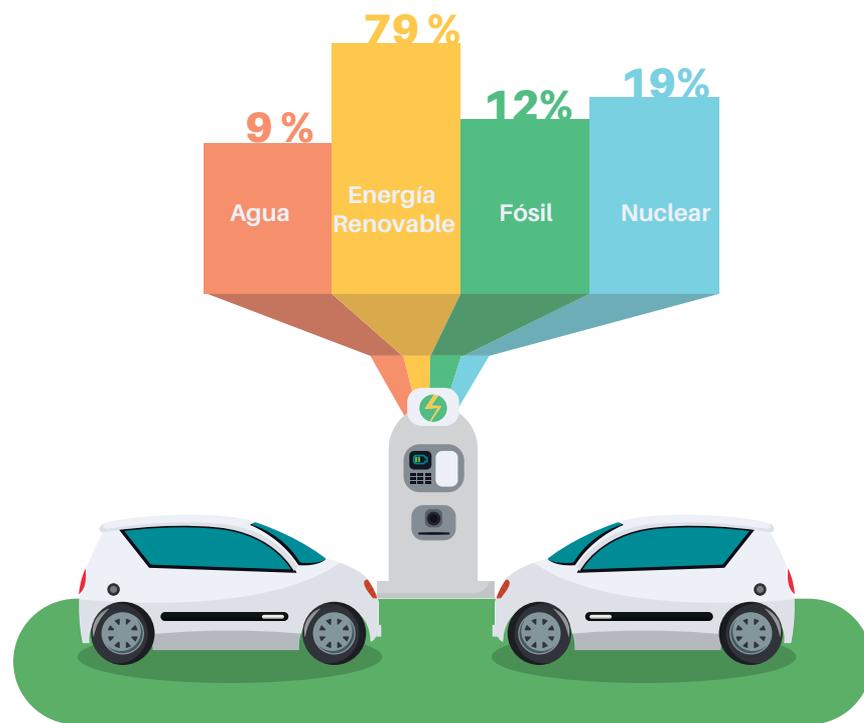
En este marco, para la reducción de GEI y cumplimiento de los compromisos asumidos con la firma del Acuerdo de París, Bolivia propone en su NDC soluciones estructurales, marca objetivos y define acciones.

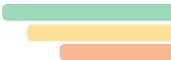


³ Son las principales herramientas del Acuerdo de París, que se traducen en compromisos que los países firmantes del acuerdo establecen voluntariamente para reducir la emisión de GEI. Se tienen 2 tipos de objetivos: Incondicionales son los que planea alcanzar un país con fondos propios y condicionales son los que un país planea alcanzar, pero requiere apoyo de la cooperación internacional.

Para el Sector Eléctrico, en las Contribuciones Nacionalmente Determinadas (NDC), Bolivia propone los siguientes objetivos incondicionales:

- ✓ Incrementar la participación de energías renovables a 79% al año 2030, respecto al 39% del 2010.
- ✓ Incrementar la participación de las energías alternativas y otras energías (vapor ciclo combinado) del 2% el 2010 al 9% el 2030 en el total del sistema eléctrico, que implica un incremento de 1.228 MW al año 2030, respecto a 31 MW de 2010.
- ✓ Incrementar la potencia del Sector Eléctrico a 13.387 MW al año 2030 respecto de 1.625 MW el 2010.
- ✓ Reducir las Necesidades Básicas Insatisfechas (NBI) por cobertura de electricidad de 14,6% el año 2010 a 3% el año 2025.
- ✓ Desarrollar el potencial exportador de electricidad generada principalmente por energías renovables, llegándose a exportar el año 2030 un estimado de 8.930 MW, incrementándose la renta energética del Estado.
- ✓ Reducir la pobreza moderada al 13,4% al año 2030 y erradicar la extrema pobreza al 2025, por impacto entre otros de la generación y cobertura de energía, incluyendo el incremento, distribución y redistribución de la renta energética.
- ✓ Contribuir al crecimiento del Producto Interno Bruto (PIB) a 5,4% al 2030, debido a la incidencia del sector energético.





Para el logro de los resultados vinculados con el Sector Eléctrico se impulsarán las siguientes medidas y acciones:

- ✓ Cambio y diversificación de la matriz energética con el crecimiento de energías renovables a través de la construcción de plantas hidroeléctricas (pequeñas y medianas centrales hidroeléctricas, grandes centrales hidroeléctricas y multipropósito). Así como impulso a las energías alternativas (eólica, biomasa, geotérmica y solar) y uso de otras fuentes de energía (vapor ciclo combinado).
- ✓ Universalización energética que favorecerá el acceso universal de energías limpias con énfasis en la población con mayor pobreza.
- ✓ Ampliación de redes de tendido eléctrico para transmisión y cobertura de servicios de distribución.
- ✓ Participación del Estado Plurinacional en la generación energética, generando renta e implementando políticas de distribución y redistribución de riqueza.

- ✓ Promoción de exportación de energía adicional proveniente de fuentes de energía renovables, posicionando a Bolivia como centro energético regional con energías limpias.

Bolivia, mediante el impulso de la Dirección General de Gestión Socio Ambiental del Viceministerio de Electricidad y Energías Alternativas, en coordinación con el Instituto Boliviano de Normalización y Calidad (IBNORCA), ha conformado el “Comité Técnico 8.12. de Electromovilidad”, donde participan expertos nacionales e internacionales, representantes de instituciones públicas y privadas, los cuales de manera conjunta se encuentran generando una Norma Boliviana de Electromovilidad, que permitirá a Bolivia regular la logística adecuada para introducir la electromovilidad en nuestro país.

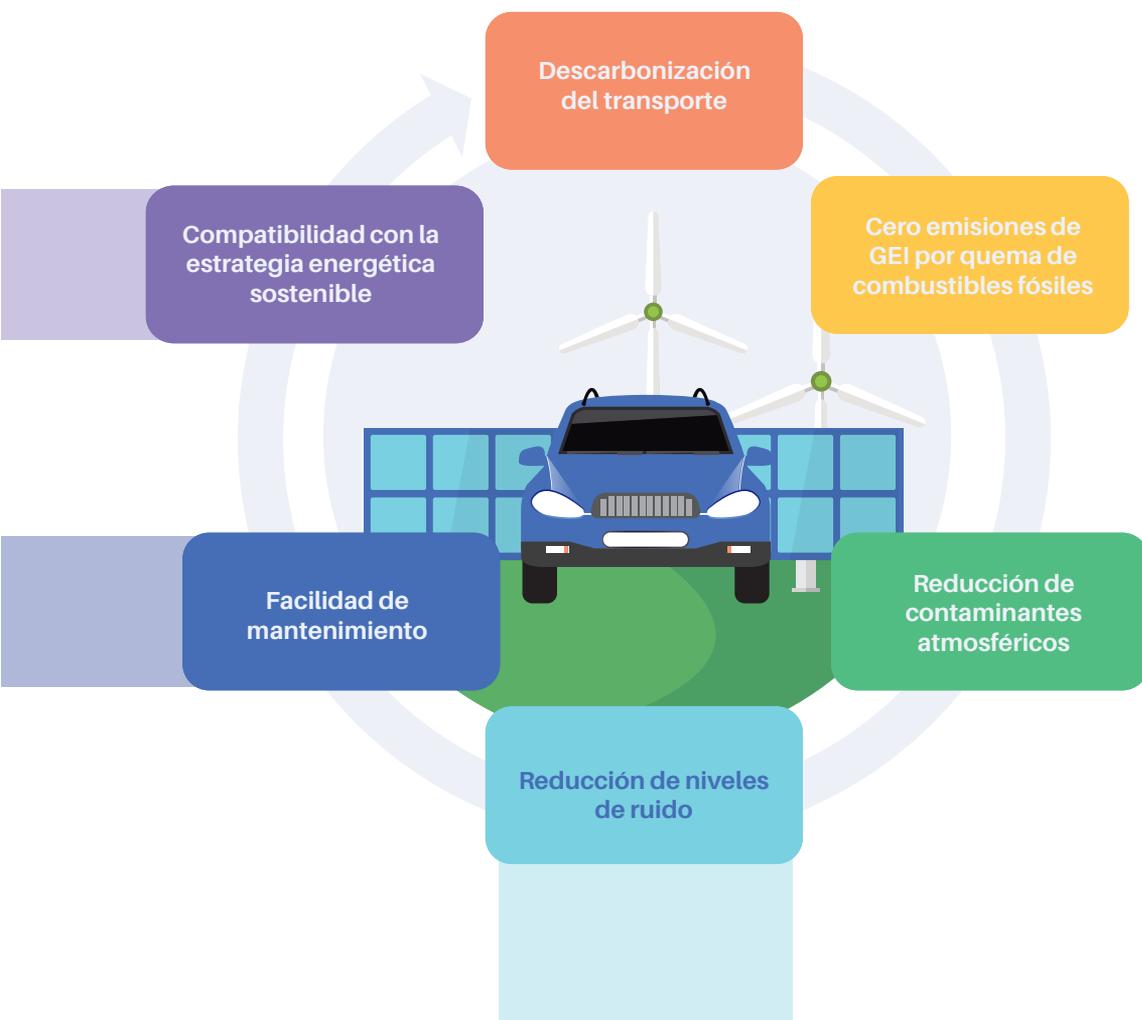


1.5.

Introducción a la Electromovilidad

La electromovilidad es un término general para describir el desarrollo y uso de vehículos eléctricos (VE), definidos como aquellos que están propulsados total o parcialmente por energía eléctrica procedente de baterías que se recargan de la red eléctrica.

Aportan una serie de ventajas en relación con los vehículos a combustión:



La experiencia de otros países demuestra que la introducción de la electromovilidad debe ser un proceso gradual sustentado sobre varios pilares entre ellos:

- ✓ Inversión pública y privada
- ✓ Políticas de planificación urbana e incentivos.
- ✓ Reducción de costos de energía por parte de las empresas distribuidoras de energía.
- ✓ Fabricación y distribución de infraestructura (cargadores).
- ✓ Consumidores con conciencia ambiental.

- Las ventas de autos eléctricos superaron los 2.1 millones a nivel mundial en 2019, incrementando el stock a 7.2 millones de autos eléctricos.
- Los automóviles eléctricos, que representaron el 2,6% de las ventas mundiales de automóviles y alrededor del 1% del stock mundial de automóviles en 2019, registraron un aumento interanual del 40 %.

A medida que avanza el progreso tecnológico en la electrificación de vehículos de dos o tres ruedas, autobuses y camiones, crece el mercado para ellos, los vehículos eléctricos se están expandiendo significativamente.



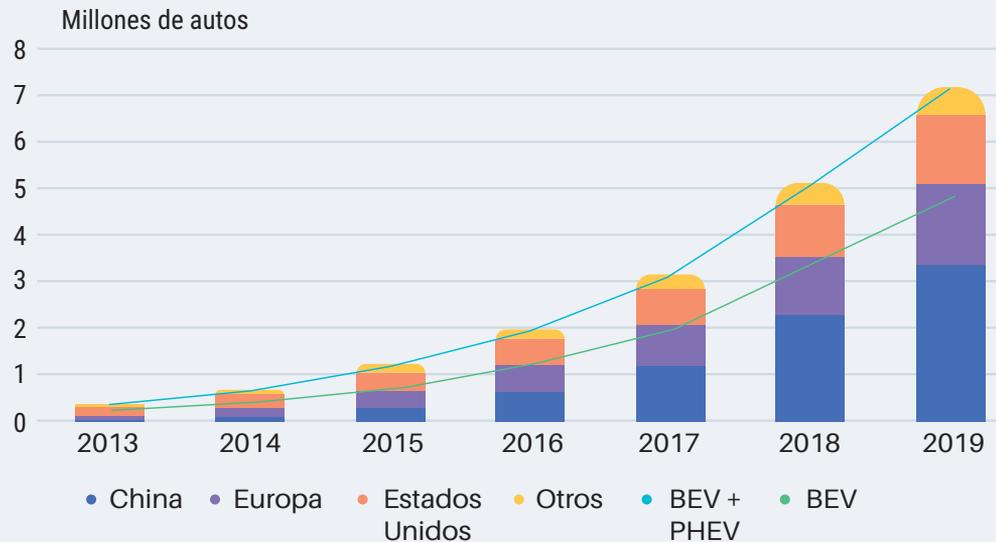
Según datos de la Agencia Internacional de Energía (AIE) en su reporte de mayo de este año:

- China mantiene su liderazgo con el mercado más grande del mundo de vehículos eléctricos vendidos (1.06 millones coches).
- Le sigue Europa con 560.000 motorizados.
- Estados Unidos en tercer lugar con 326.000 vehículos vendidos.

Estas tres regiones representan más del 90% de todas las ventas en 2019.

- Noruega sigue teniendo la mayor participación de mercado en ventas 56% en 2019).
- Seguida de Islandia (23%) y los Países Bajos (15%).

Figura 1. Stock de vehículos eléctricos por región y tecnología, 2013-2019



Fuente: Vehículos eléctricos - Informe de seguimiento jun 2020 - www.iea.org

TIPOLOGÍAS DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS

VEHÍCULOS 100 % ELÉCTRICOS

Propulsado por:

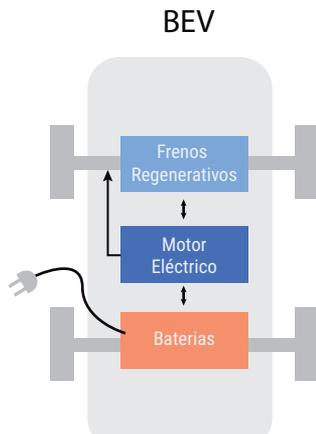
Motor eléctrico

Fuente exterior de energía:

Electricidad

Autonomía eléctrica:

200 - 500km



VEHÍCULOS HÍBRIDOS

Propulsado por:

Motor eléctrico
Motor MCIA

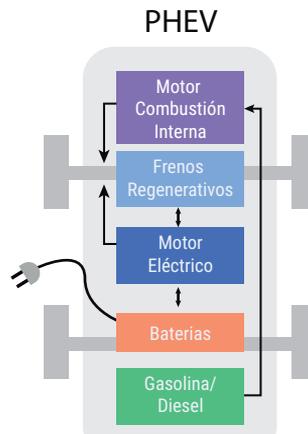
Fuente exterior de energía:

Electricidad

Combustible fósil

Autonomía eléctrica:

30 - 500km



VEHÍCULOS RECONVERTIDOS

Propulsado por:

Motor eléctrico
Motor MCIA

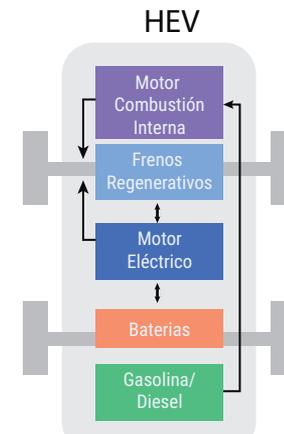
Fuente exterior de energía:

Electricidad

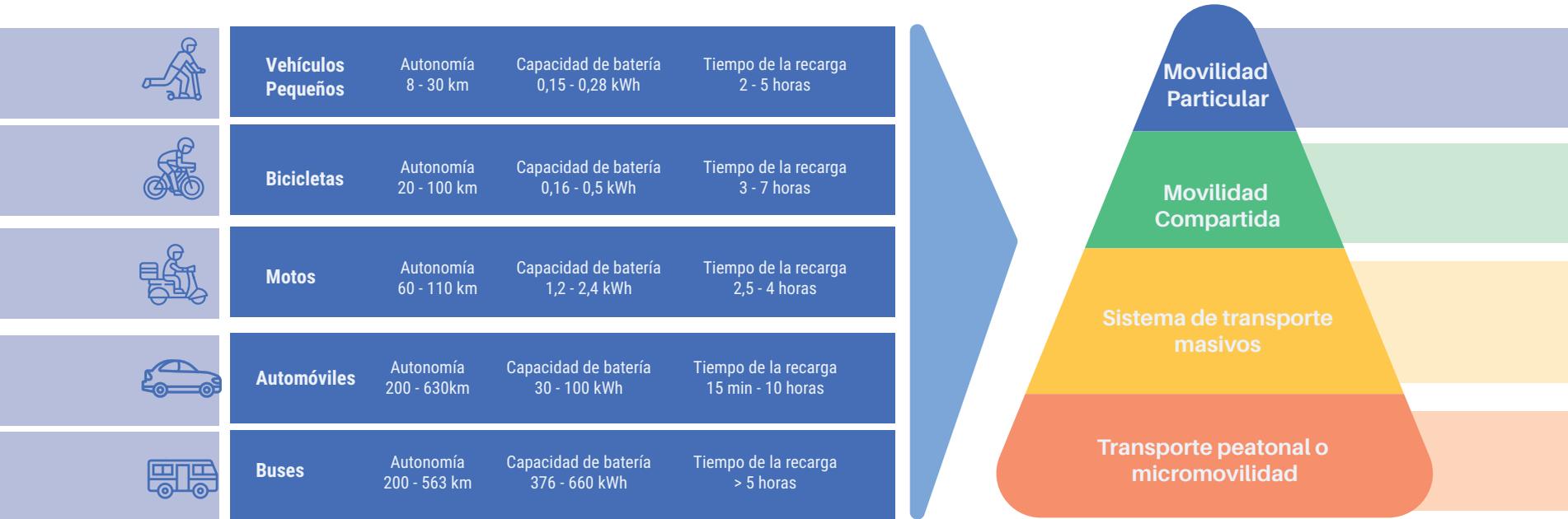
Combustible fósil

Autonomía eléctrica:

Hasta 200km



Categorías de vehículos eléctricos y el reto de transición hacia ciudades inteligentes



Según los resultados del estudio sobre la “Cuantificación de la reducción de emisiones de Gases Efecto Invernadero por Introducción de la Electromovilidad en Bolivia”, los vehículos que se encuentran dentro de las clases: automóviles particulares, motos/quadra track, ambulancias/camionetas/jeep/vagonetas, representan el 83 % del parque automotor en Bolivia, sin embargo, transportan tan solo al 2% de los pasajeros.

Ante esta situación, junto con la introducción de la electromovilidad es importante asumir el reto de promover el transporte compartido a través de la incorporación gradual de micromovilidad y transporte masivo (buses eléctricos).

La promoción del uso de transporte público frente al transporte privado tiene sentido por varias razones: mejor uso de espacio público; menor contaminación del aire; mayor cohesión social y menor emisión de GEI.

De acuerdo a la distribución del parque vehicular boliviano (2019), el 42% de los vehículos son 4x4, esto significa que en Bolivia no solamente se usa vehículos particulares para transporte privado en ciudades, adicionalmente estos son de alta cilindrada.

Para poder comparar la diferencia entre moverse en vehículo particular y transporte público en términos de eficiencia energética la metodología elaborada, utiliza el factor g de CO₂/km/pasajero. **De acuerdo a los cálculos realizados, mientras en un pasajero que viaja en buses de transporte público emite 22 g de CO_{2-eq}/Km, la misma persona viajando en un vehículo 4x4 emite 10 veces más (221).**



Los buses eléctricos han demostrado un comportamiento muy eficiente frente a los buses de combustión interna.

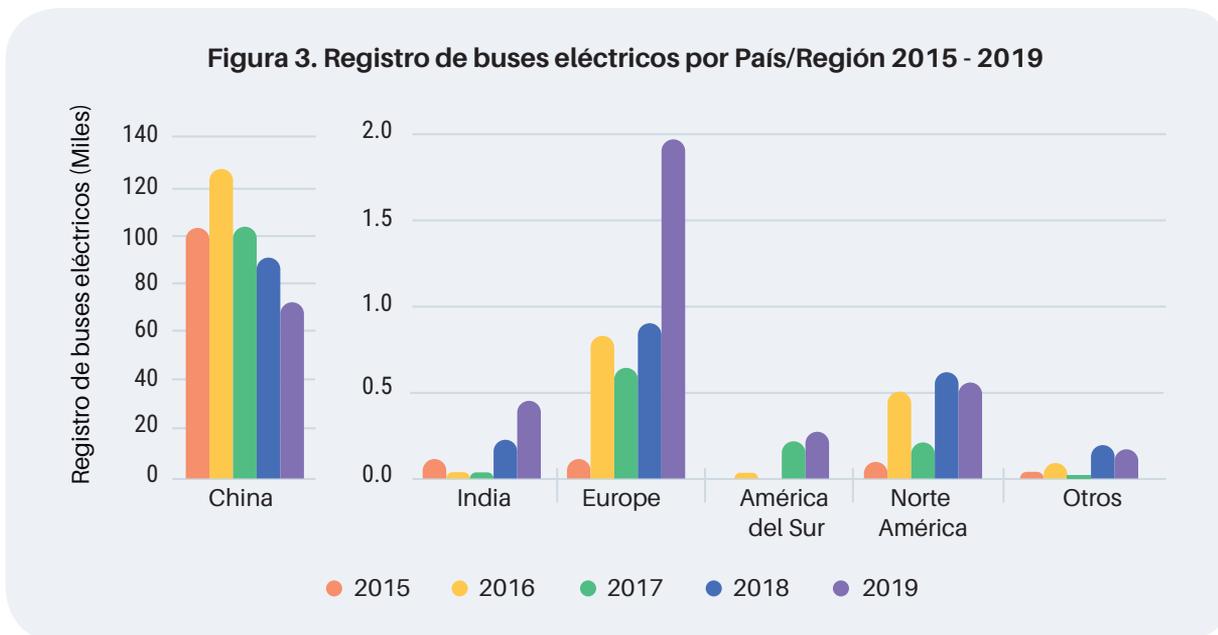
- La transferencia de energía eléctrica a energía cinética es 3 veces más eficiente que la transferencia de energía térmica a energía cinética.

- De acuerdo a un cálculo realizado por Naciones Unidas, con 5 litros de Diesel Oil, un bus térmico puede recorrer idealmente 11 kilómetros, mientras que con los mismos 5 litros (en términos de energía), un bus eléctrico puede recorrer 33 kilómetros.



Hoy en día, la electricidad a batería es casi la opción tecnológica exclusiva para los autobuses eléctricos con una cuota de mercado del 95% a nivel mundial, superando con creces las nuevas matriculaciones de autobuses híbridos enchufables y eléctricos

de pila de combustible. Sin embargo, los autobuses eléctricos de pilas de combustible han suscitado un interés creciente y en 2019 se registraron unos 4.000, más del 80% en China.⁴



En el año 2019 había alrededor de 513.000 autobuses eléctricos en todo el mundo, un 17% más que en 2018.

- Alrededor del 95% de los autobuses eléctricos registrados en 2019 se fabricaron y vendieron en China.
- Más de 0,5 millones de autobuses, o el 98% de la flota mundial de los autobuses eléctricos operan en China.
- Europa registró 1.900 autobuses eléctricos, más del doble que el año anterior (2018). La mayor parte de los 4.500 autobuses eléctricos de Europa operan en los Países Bajos (800), el Reino Unido (800), Francia (600) y Alemania (450).

- La introducción de 63 autobuses eléctricos en la Ciudad de México marcó el comienzo de su despliegue en México (Yutong, 2019).
- América del Sur es uno de los principales mercados en crecimiento para los autobuses eléctricos. Las matriculaciones en 2019 fueron 3,5 veces superiores a las de 2018, con más de 450. Santiago de Chile mantiene la mayor flota de la región con casi 400 autobuses eléctricos. Otras ciudades que operan con autobuses eléctricos se encuentran en Argentina, Brasil, Colombia y Ecuador.



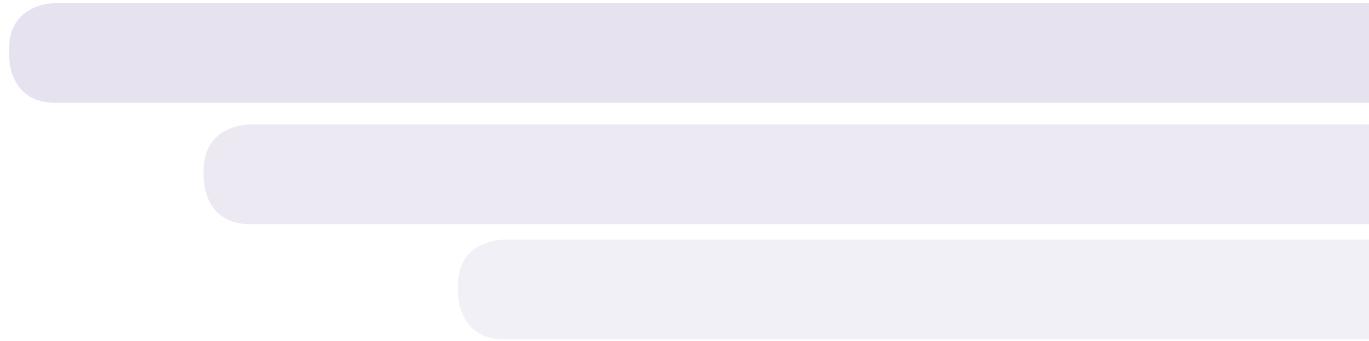
Fabricantes comprometidos con la electromovilidad

País	Acciones
BMW	Para 2025, ofrecerá 25 vehículos eléctricos, de los cuales 12 serán solamente eléctricos.
Alianza Renault Nissan y Mitsubishi	Para 2022 ofrecerán 12 nuevos modelos de vehículos eléctricos.
Ford	Ha prometido gastar \$us. 11 mil millones de dólares en vehículos eléctricos para 2022. Dentro de los 5 años a partir de 2018 Ford Creará 16 vehículos eléctricos completos y 24 vehículos híbridos.
General Motors	Lanzará el menos 20 vehículos eléctricos nuevos para 2023 (dos de estos en los próximos 18 meses). Comprometido con la tecnología de pila de combustible de hidrógeno. Busca alcanzar 1 millón de ventas de vehículos eléctricos para 2025.
Aston Martin	Completamente híbrido para 2025. El 25% de las ventas en 2030 provendrán de vehículos eléctricos.
Toyota	Planea ofrecer más de 10 vehículos eléctricos a partir de 2020, y el objetivo de ofrecer una versión híbrida o totalmente eléctrica de cada vehículo que venda para el año 2025. Invertirá hasta \$us 13.3 mil millones de dólares al 2030 en desarrollo de baterías. Quiere alcanzar la meta de 1 millón de ventas de vehículos eléctricos para 2025. Fijo el objetivo de 5.5 millones de vehículos electrificados vendidos anualmente para 2030.

Mercado de Vehículos Eléctricos: Ecosistema VE, América Latina, 2019



2



Segunda sección
Características del Sector
Transporte en Bolivia



2.1.

Caracterización del Parque Automotor en Bolivia

El creciente parque automotor en las ciudades de Bolivia es el causante de las emisiones de GEI y la deficiente calidad del aire, por lo que, para efectos de realizar la cuantificación de la reducción de emisiones de Gases Efecto Invernadero Introducción de la Electromovilidad en Bolivia, se ha caracterizado el parque automotor de Bolivia de la siguiente manera:

Caracterización del parque automotor

Parque automotor por ubicación geográfica

Parque automotor por clase de vehículo

Parque automotor por clase servicio

Parque automotor agrupado por modelo

Parque automotor agrupado por cilindrada

Parque automotor agrupado por tipo de Combustible utilizado

2.4.1. Caracterización del PA por Ubicación Geográfica

En Bolivia el parque automotor (PA) se encuentra distribuido en los 9 departamentos, con un crecimiento del 1,8 % ascendiendo de 906.870 a 2.013.400 vehículos, sin embargo, a la gestión 2019 según datos del Instituto Nacional de Estadística (INE) se tiene que la distribución del PA se concentra en los departamentos de Santa Cruz con un 34%, seguido de La Paz con 23% y Cochabamba con 21%. Las cantidades en cuanto a la evolución por departamento entre el 2009 y 2019 se detallan a continuación:



Departamento	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Chuquisaca	35.970	38.591	43.274	47.094	52.541	56.896	62.202	67.022	70.480	74.245	78.195
La Paz	235.742	248.490	275.087	302.742	331.089	358.015	380.862	407.621	427.922	449.945	471.873
Cochabamba	213.085	223.747	252.967	274.759	296.538	319.538	340.544	363.603	386.952	410.391	432.431
Oruro	53.929	56.341	64.943	71.134	76.372	82.407	86.626	93.766	94.799	99.392	103.299
Potosí	32.527	34.428	42.806	47.122	50.936	54.514	57.204	61.056	64.221	67.978	71.132
Tarija	48.884	53.668	59.568	65.533	71.835	79.431	87.301	95.711	102.203	108.596	114.423
Santa Cruz	273.785	292.723	327.917	375.482	419.470	470.378	519.811	577.553	605.540	647.028	686.970
Beni	11.930	13.222	15.919	21.824	26.446	32.759	36.759	41.051	44.193	47.831	49.419
Pando (1)	18	18	503	1.061	1.606	2.490	3.243	3.622	4.044	4.721	5.658
Total	905.870	961.228	1.082.984	1.206.751	1.326.833	1.456.428	1.574.552	1.711.005	1.800.354	1.910.127	2.013.400

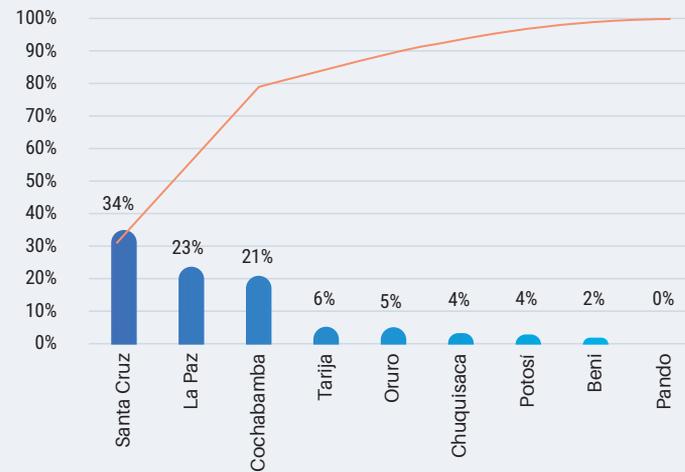
El 79 % del parque automotor (PA) de Bolivia está concentrado en los departamentos de La Paz, Cochabamba y Santa Cruz, en particular sus ciudades o áreas metropolitanas.

El restante 21 % se distribuye en los otros 6 departamentos (Fuente: Instituto Nacional de Estadística)



Departamento	Frec./2019	Frec. Acum.
Santa Cruz	34%	34%
La Paz	23%	58%
Cochabamba	21%	79%
Tarija	6%	85%
Oruro	5%	90%
Chuquisaca	4%	94%
Potosí	4%	97%
Beni	2%	100%
Pando (1)	0%	100%
Total	100%	

Figura 1: Parque Automotor por departamento (2019)



Fuente: "Cuantificación de la Reducción de Emisiones de Gases Efecto Invernadero por Introducción de la Electromovilidad en Bolivia"





Considerando los efectos de la altura con respecto a la eficiencia de los motores a combustión y en consecuencia de la formación de contaminantes, para fines metodológicos y considerando la distribución geográfica del parque automotor en Bolivia, en el estudio de “Cuantificación de la reducción de emisiones de Gases Efecto Invernadero por introducción de la Electromovilidad en Bolivia” se ha agrupado el parque automotor en tres grupos que consideran condiciones similares en cuanto a altura y eficiencia:

Grupo A: La Paz, Oruro y Potosí- Piso ecológico con más de 3.000 msnm

Grupo B: Cochabamba, Tarija y Chuquisaca- Piso ecológico entre 1.000 a 2.500 msnm

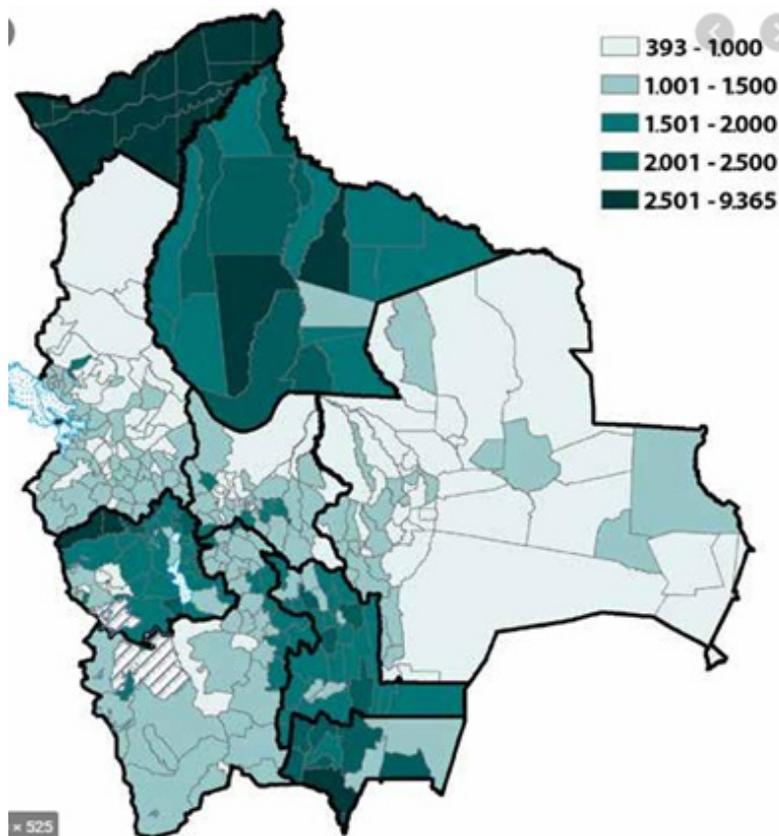
Grupo C: Santa Cruz, Beni y Pando - Piso ecológico menor a 1.000 msnm

La Paz concentra el 73% del PA registrado en el grupo A.

El PA del departamento de La Paz está distribuido en el Área Metropolitana formada por los municipios Nuestra Señora de La Paz, El Alto, Palca, Mecapaca y Achocalla.

Cochabamba concentra el 70% del PA registrado en el grupo B.

El PA del departamento de Cochabamba está distribuido en el Área Metropolitana Kanata formada por los municipios Cochabamba, Quillacollo, Sipe Sipe, Tiquipaya, Vinto, Colcapirhua y Sacaba.



Santa Cruz concentra el 93% de PA registrado en el grupo C.

El PA del departamento de Santa Cruz está distribuido en el área metropolitana formada por los municipios Santa Cruz de la Sierra, Cotoca, Porongo, Warnes, La Guardia y El Torno.



PARQUE AUTOMOTOR PROYECTADO – AGRUPADO Y POR PISO ECOLÓGICO

El crecimiento del PA en Bolivia depende del estado de la economía, el cual se mide por el crecimiento (decrecimiento) del PIB. A continuación, se presentan los datos de crecimiento del PA en Bolivia bajo la agrupación por piso ecológico:

La Paz - Oruro - Potosí (agrupados)

Clase de Vehículo	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Ambulancia/Camioneta/Jeep/Vagoneta	155.253	162.276	187.967	202.063	215.057	228.821	239.696	252.591	260.886	272.527	283.812
Automóvil	72.522	74.543	78.858	83.502	89.230	95.808	100.341	106.463	109.067	113.300	117.487
Bus/MicroBus	9.660	9.880	10.203	10.463	10.676	11.058	11.221	11.589	11.498	11.709	11.836
Minibuses/Furgon	42.272	46.183	50.653	56.858	63.274	67.161	71.795	79.116	85.622	91.584	96.751
Moto/QuadraTrack	9.211	11.337	16.646	26.872	36.234	45.392	53.248	61.264	67.704	74.171	80.087
Camion/Tracto Camion/Torpedo/Tri Movil	33.280	35.040	38.509	41.240	43.926	46.696	48.391	51.420	52.165	54.020	56.314
Total	322.198	339.259	382.836	420.998	458.397	494.936	524.692	562.443	586.942	617.311	646.287

Clase de Vehículo	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Ambulancia/Camioneta/Jeep/Vagoneta	287.865	296.020	317.598	339.526	361.265	384.115	408.122	433.334	459.812	487.619	516.813
Automóvil	119.165	122.541	131.473	140.550	149.549	159.008	168.947	179.383	190.344	201.855	213.940
Bus/MicroBus	12.005	12.345	13.245	14.159	15.066	16.019	17.020	18.072	19.176	20.336	21.553
Minibuses/Furgon	98.133	100.913	108.269	115.744	123.155	130.944	139.128	147.723	156.749	166.229	176.181
Moto/QuadraTrack	81.231	83.532	89.621	95.808	101.943	108.391	115.165	122.280	129.751	137.598	145.836
Camion/Tracto Camion/Torpedo/Tri Movil	57.118	58.736	63.018	67.369	71.682	76.216	80.980	85.982	91.236	96.753	102.546
Total	655.515	674.086	723.224	773.156	822.660	874.693	929.362	986.774	1.047.068	1.110.390	1.176.868

Fuente: Elaboración propia con datos de: www.ine.gob.bo; Estadísticas del Parque Automotor 2005-2019

Entre el 2009 y 2019 el PA en los departamentos de La Paz-Oruro-Potosí ha incrementado de 322.198 a 646.287 vehículos. La proyección realizada al 2030 prevé un crecimiento del 80 %, alcanzando el 1.176.888 de motorizados.

Resalta el crecimiento de:
vagonetas, automóviles y minibuses

Cochabamba - Chuquisaca - Tarija (agrupados)

Clase de Vehículo	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Ambulancia/Camioneta/Jeep/Vagoneta	149.795	155.660	175.887	183.561	191.134	198.985	207.167	216.157	224.318	232.694	240.964
Automóvil	67.690	70.475	74.285	77.970	83.264	88.666	93.657	98.536	103.050	107.424	111.481
Bus/MicroBus	8.176	8.337	8.363	8.502	8.538	8.583	8.621	8.709	8.695	8.778	8.871
Minibuses/Furgon	8.277	9.029	10.047	11.093	12.305	13.244	14.257	15.978	18.432	21.021	23.112
Moto/QuadraTrack	25.677	33.046	45.320	62.365	79.534	98.045	116.431	135.191	152.236	169.103	185.043
Camion/Tracto Camion/Torpedo/Tri Movil	38.324	39.459	41.907	43.895	46.139	48.342	49.914	51.765	52.904	54.166	55.498
Total	297.939	316.006	355.809	387.386	420.914	455.865	490.047	526.336	559.635	593.186	624.969

Clase de Vehículo	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Ambulancia/Camioneta/Jeep/Vagoneta	244.430	251.354	269.677	288.296	306.755	326.157	346.542	367.950	390.432	414.044	438.832
Automóvil	113.084	116.288	124.765	133.379	141.919	150.895	160.326	170.231	180.632	191.556	203.024
Bus/MicroBus	8.999	9.254	9.928	10.613	11.293	12.007	12.758	13.546	14.374	15.243	16.155
Minibuses/Furgon	23.444	24.109	25.866	27.652	29.422	31.283	33.238	35.292	37.448	39.713	42.091
Moto/QuadraTrack	187.704	193.022	207.093	221.390	235.566	250.465	266.119	282.559	299.824	317.956	336.992
Camion/Tracto Camion/Torpedo/Tri Movil	56.296	57.891	62.111	66.399	70.651	75.119	79.814	84.745	89.923	95.361	101.070
Total	633.958	651.917	699.440	747.729	795.605	845.927	898.798	954.322	1.012.633	1.073.873	1.138.165

Fuente: Elaboracion propia con datos de: www.ine.gob.bo ; Estadísticas del Parque Automotor 2005-2019

En el grupo Cochabamba-Chuquisca-Tarija, el PA ha incrementado de 297.939 a 624.969 vehículos en el periodo 2009-2019 sin embargo la proyección realizada al 2030 prevé un crecimiento del 80 %, llegando con 1.138.165 motorizados.



Resalta el crecimiento de:
vagonetas y motocicletas

Santa Cruz - Beni - Pando (agrupados)

Clase de Vehículo	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Ambulancia/Camioneta/Jeep/Vagoneta	169.009	176.895	193.683	204.796	215.067	229.415	242.549	260.100	264.040	273.131	281.856
Automóvil	57.479	60.941	65.596	70.252	76.151	82.985	89.692	98.734	101.053	106.276	112.418
Bus/MicroBus	7.578	7.658	7.775	7.972	8.360	8.789	9.362	10.149	10.549	11.004	11.289
Minibuses/Furgon	2.775	3.158	3.738	4.574	5.813	7.261	8.758	10.624	11.939	13.299	14.274
Moto/QuadraTrack	22.652	29.310	43.292	78.400	107.677	140.138	170.258	199.003	223.303	251.642	276.877
Camion/Tracto Camion/Torpedo/Tri Movil	26.240	28.001	30.255	32.373	34.454	37.039	39.194	43.616	42.893	44.223	45.317
Total	285.733	305.963	344.339	398.367	447.522	505.627	559.813	622.226	653.777	699.575	742.031

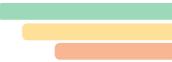
Clase de Vehículo	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Ambulancia/Camioneta/Jeep/Vagoneta	285.879	293.978	315.408	337.184	358.773	381.466	405.307	430.346	456.641	484.257	513.248
Automóvil	114.023	117.253	125.800	134.486	143.096	152.147	161.657	171.643	182.131	193.145	204.709
Bus/MicroBus	11.450	11.775	12.633	13.505	14.370	15.279	16.234	17.236	18.290	19.396	20.557
Minibuses/Furgon	14.478	14.888	15.973	17.076	18.169	19.319	20.526	21.794	23.126	24.524	25.992
Moto/QuadraTrack	280.829	288.785	309.836	331.228	352.436	374.727	398.148	422.744	448.574	475.702	504.182
Camion/Tracto Camion/Torpedo/Tri Movil	45.964	47.266	50.712	54.213	57.684	61.332	65.166	69.191	73.419	77.859	82.520
Total	752.623	773.945	830.362	887.691	944.528	1.004.270	1.067.037	1.132.954	1.202.180	1.274.883	1.351.209

Fuente: Elaboracion propia con datos de: www.ine.gob.bo ; Estadísticas del Parque Automotor 2005-2019

En el grupo Santa Cruz-Beni-Pando, el PA ha incrementado de 285.733 a 742.031 vehículos en el periodo 2009-2019, siendo el grupo con mayor crecimiento del parque automotor en Bolivia. Dentro del mismo, Santa Cruz es el departamento con mayor crecimiento de vehículos registrados inclusive a escala nacional.

La proyección realizada al 2030 prevé un crecimiento del 80 %, llegando con 1.351.209 motorizados.

**Resalta el crecimiento de:
vagonetas y motocicletas**



¿Cuál es el uso del parque automotor en Bolivia?

El parque automotor en Bolivia, según el uso, está destinado para el transporte de pasajeros y transporte de carga. Para el estudio de “Cuantificación de la Reducción de Emisiones de Gases Efecto Invernadero por Introducción de la Electromovilidad en Bolivia”,

se obtuvieron las variables detalladas en el siguiente cuadro cuya fuente corresponde a estudios específicos sobre movilidad urbana en Bolivia y a través de consultas a expertos en la temática.

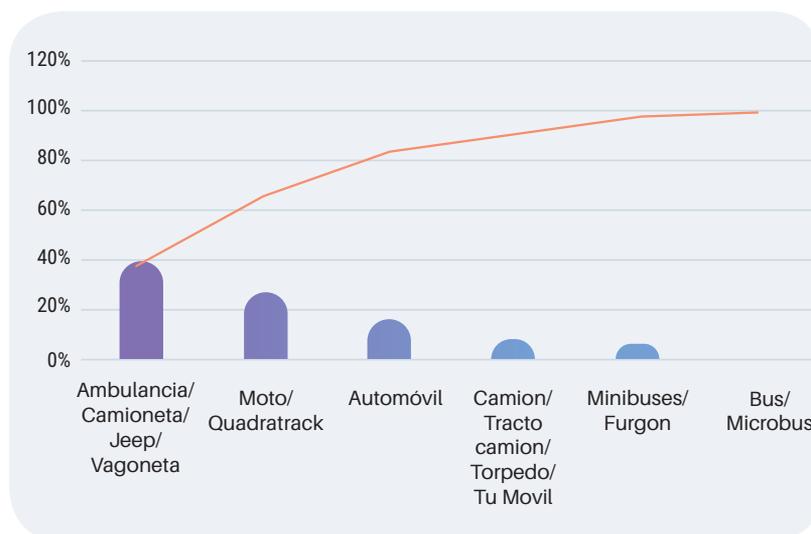
Uso	Vehículos	Variables
Vehículos para el transporte de pasajeros		<ul style="list-style-type: none">• Longitud de viaje personas: Cantidad de km al día que recorre un vehículo en cada viaje (km/viaje)• Promedio de viajes al día: Cantidad de viajes al día en un determinado vehículo (viajes/día-persona)• Índice de pasajeros por kilómetros (IPK): Relación entre la cantidad de pasajeros por kilómetro recorrido (pasajeros/km)• Promedio de pasajeros al día: Cantidad de pasajeros que transporta un vehículo en un día (pasajeros/día)• Cantidad de kilómetros al día que recorre un vehículo: km/día recorridos por un determinado vehículo• Días al año: Cantidad de días que un determinado vehículo transporta personas en un determinado año (días/año)
Vehículos para el transporte de carga		<ul style="list-style-type: none">• El transporte de carga tiene parámetros estándares y recorre distancias similares al interior de las áreas metropolitanas, rutas interprovinciales e interdepartamentales, para todas las variables del transporte de carga (Viajes/día, Tn/viaje, Tn/día y Km/día)



2.4.2. Parque Automotor Agrupado por Clase de Vehículo

A efectos de representar mejor el parque automotor y considerando la similitud de los vehículos, su cilindrada y su uso realizamos la siguiente agrupación:

Detalle	Agrupación
Camioneta	Camioneta/Jeep/Vagoneta
Jeep	
Vagoneta	
Ambulancia	
Buses	Bus/Microbús (*)
Microbuses	
Minibuses	Minibuses/Furgón
Furgón	
Camión	Camión/Tracto/Trimovil/Torpedo
Tracto-Camión	
Trimóvil-Camión	
Torpedo	
Moto	Moto
QuadraTrack	
Automóvil	Particular
	Publico/Taxi
	Publico/Trufi

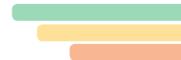


Al año 2019, el parque automotor en Bolivia estaba conformado en su mayoría por:

- Vagonetas
- Automóviles
- Camionetas
- Motocicletas

A pesar que existen en circulación otras clases de vehículos (bus, furgón, jeep, minibús, tracto-camión, etc.), estos vehículos representan el 80% del total.





En el siguiente cuadro se muestra la evolución del parque automotor en Bolivia realizando la agrupación por clase de vehículo

Cuadro: Evolución del parque automotor según clase de vehículo (2009-2019)

Clase de Vehículo	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Ambulancia	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.048
Automóvil	197.691	205.959	218.739	231.724	248.645	267.459	283.690	303.733	313.170	327.000	341.386
Bus	6.881	7.228	7.532	7.986	8.502	9.174	9.874	10.863	11.079	11.777	12.312
Camión	89.026	92.139	98.688	103.435	107.305	112.288	116.130	123.929	123.619	127.166	130.592
Camioneta	91.671	98.592	109.475	121.127	133.381	146.955	158.567	173.211	179.842	188.636	196.064
Furgón	1.612	1.887	3.102	5.074	7.217	8.510	9.686	11.360	12.612	13.746	14.692
Jeep	47.930	48.647	50.979	52.583	54.431	56.629	58.421	60.871	61.322	62.609	63.198
Maquinaria Pesada	0	0	0	0	0	0	0	0	0	55	113
Microbús	18.533	18.647	18.809	18.951	19.078	19.256	19.330	19.584	19.663	19.714	19.684
Minibús	51.712	56.483	61.336	67.451	74.175	79.156	85.124	94.358	103.381	112.158	119.445
Moto	57.008	72.986	104.224	166.063	221.217	280.579	336.221	391.219	438.560	489.914	536.730
Quadra Track	532	707	1.033	1.572	2.216	2.996	3.716	4.239	4.683	5.002	5.277
Torpedo	102	111	96	98	91	129	99	98	130	102	93
Tracto-Camión	8.706	10.240	11.877	13.963	17.109	19.642	21.252	22.756	24.195	25.123	26.416
Trimóvil-Camión	10	10	11	14	15	18	18	18	18	18	28
Vagoneta	334.456	347.592	397.083	416.710	433.451	453.637	472.424	494.766	508.080	527.107	546.322
Total	905.870	961.228	1.082.984	1.206.751	1.326.833	1.456.428	1.574.552	1.711.005	1.800.354	1.910.127	2.013.400

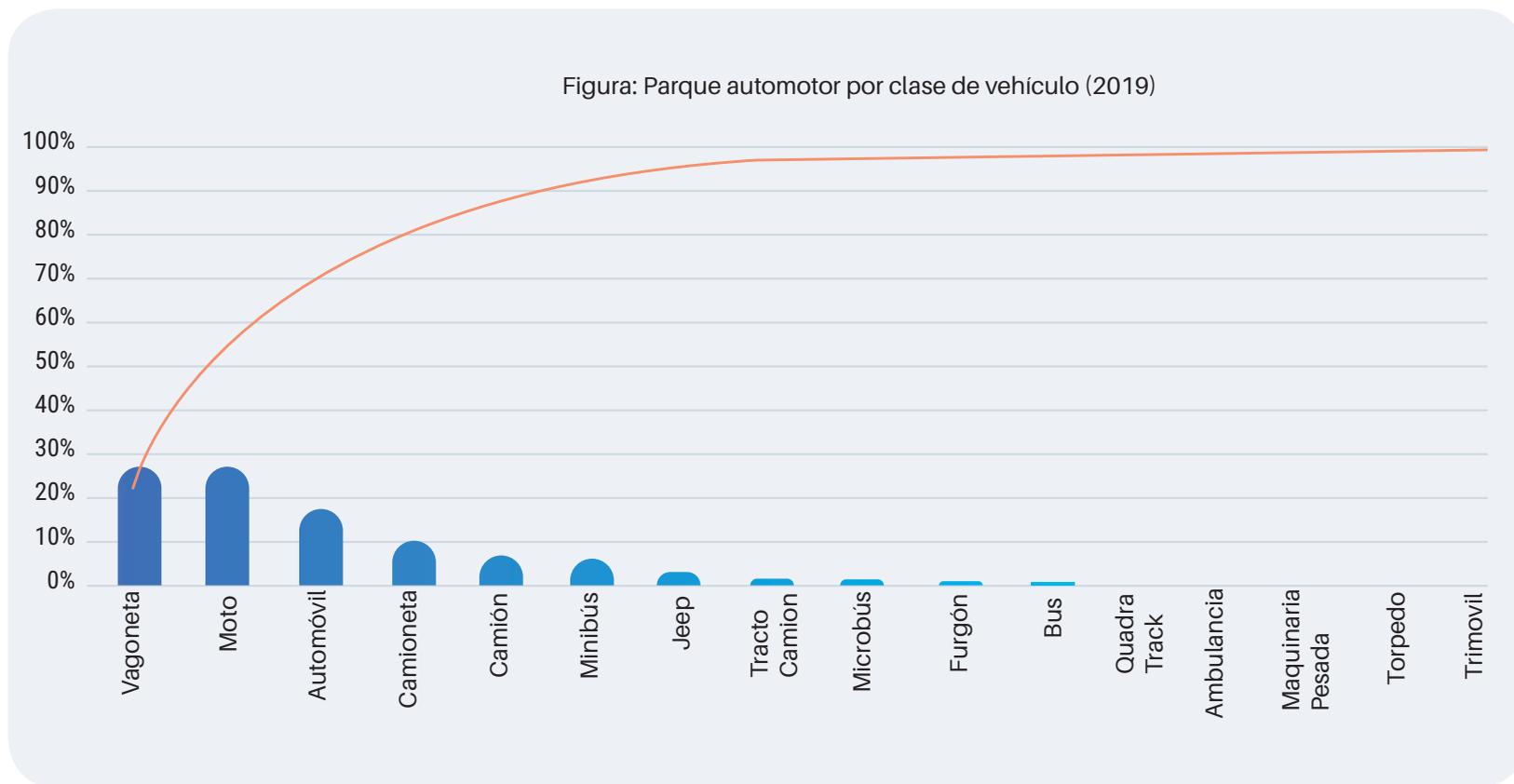
Fuente: INE (www.ine.gob.bo)

Como se puede observar, el crecimiento de la motocicleta en el periodo 2009-2019 resalta al tener una tasa de crecimiento por

encima del resto de los vehículos con una participación dentro del PA que incrementó de 6,3% a 26,7% en 11 años.



En la siguiente figura se observa como el 80% del Parque Automotor está formado por vagonetas, automóviles, camionetas y motocicletas.



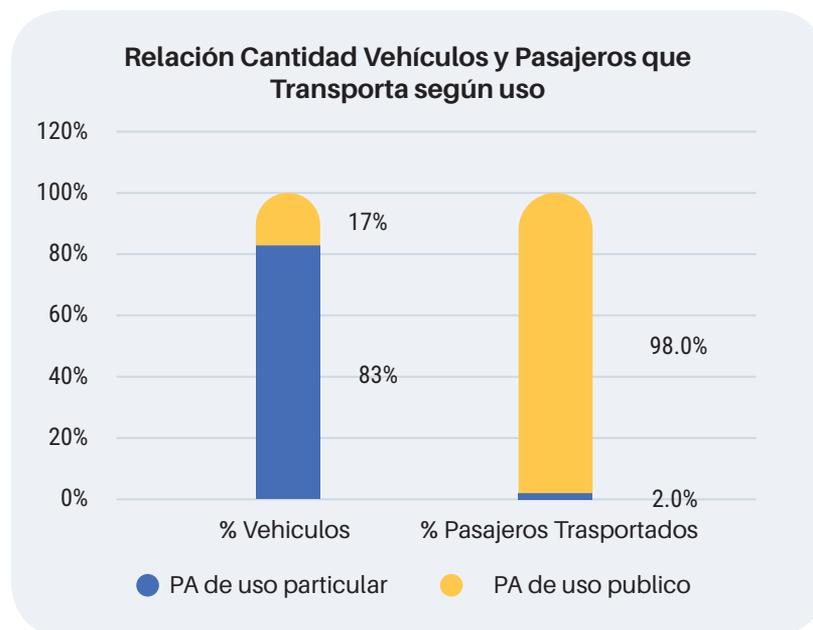


Características de la Movilidad Urbana en Bolivia

Dentro del parque automotor (PA) la relación de cantidad de vehículos, frente a la cantidad de pasajeros transportados, es inversamente proporcional.

Los vehículos que se encuentran dentro de las clases minibús/furgón, bus/microbús, trufis y taxis, representan el 17 % del parque automotor sin embargo transportan al 98% de los pasajeros.

Clase de vehículo	% Vehículos	% Pasajeros Transportados
Minibuses/Furgón	7,2%	55,9%
Bus/Microbús	1,7%	28,9%
Automóvil Publico (Trufi)	2,7%	9,1%
Automóvil Publico (Taxi)	5,4%	4,1%
Ambulancia/Camioneta/Jeep/Vagoneta	43,5%	1,1%
Moto/QuadraTrack	29,2%	0,6%
Automóvil Particular	10,3%	0,3%



Si promovemos el cambio a electromovilidad del 1,7 % de los vehículos en Bolivia, se generaría un impacto positivo sobre el **98 %** de la población.



2.4.3. Parque Automotor Agrupado por clase de servicio

El Parque Automotor, por clase de servicio, considera tres categorías:

- Servicio particular
- Servicio público
- Servicio oficial

De acuerdo con los datos del RUAT, el 93% del PA está registrado como servicio particular, en el siguiente cuadro se observa la evolución del PA por clase de servicio observándose un incremento de 807.268 a 1.868.438 vehículos entre el periodo 2009 al 2019.

Cuadro: Evolución del parque automotor por clase de servicio (2009-2019)

Tipo de servicio del Vehículo	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Particular	807.268	860.380	972.276	1.096.684	1.213.762	1.335.447	1.448.980	1.573.529	1.670.659	1.772.003	1.868.438
Público	85.462	86.822	95.081	90.237	89.682	93.421	96.136	105.630	97.016	104.310	110.191
Oficial	13.140	14.026	15.627	19.830	23.389	27.560	29.436	31.846	32.679	33.814	34.771
Total	905.870	961.228	1.082.984	1.206.751	1.326.833	1.456.428	1.574.552	1.711.005	1.800.354	1.910.127	2.013.400

Fuente : INE (www.ine.gob.bo)

Las cantidades de vehículos particulares al 2019 demuestran el uso intensivo que tiene una relación directa con la generación de GEI.

El incremento de la utilización del automóvil en Bolivia viene generando diversas externalidades asociadas a su uso, sobre el medio ambiente, la economía, la salud, y la sociedad en su conjunto.



Figura: PA por clase de servicio (2019)



2.4.4. Parque Automotor Agrupado por Modelo

El parque automotor en Bolivia está constituido por vehículos con año de fabricación menor a 1969 y 2020. El siguiente cuadro muestra las cantidades de vehículos según los años de antigüedad para el parque automotor existente en la gestión 2019.

Cuadro: Parque automotor de Bolivia agrupado por modelo de vehículo

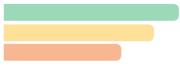
Modelo de Vehículo	Camioneta/ Jeep/ Vagoneta	Automóvil	Bus/Microbus	Camion/Tracto/ Trimovil/Torpedo	Maquinaria Pesada	Minibuses/ Furgon	Moto/ QuadraTrack	Total
≤ 1969	8.262	2.862	691	5.060	3	100	197	17.175
1970 - 1975	12.143	6.744	1.982	7.274	1	87	294	28.525
1976 - 1980	20.337	15.434	3.687	13.953	2	576	1.855	55.844
1981 - 1985	26.560	30.003	3.143	13.304	7	3.559	2.143	78.719
1986 - 1990	68.581	47.048	8.515	23.704	5	11.808	4.903	164.564
1991 - 1995	120.208	47.769	6.066	23.236	1	17.345	6.275	220.900
1996 - 2000	206.332	40.767	1.816	16.475	11	16.087	9.825	291.313
2001 - 2005	56.665	13.164	540	7.477	23	11.082	17.833	106.784
2006 - 2010	67.161	24.549	1.009	16.019	18	12.875	88.610	210.241
2011 - 2015	109.874	56.753	2.349	20.085	25	21.839	250.507	461.432
2016 - 2020	110.508	56.293	2.198	10.542	17	38.779	159.565	377.902
Sin especificar	1	0	0	0	0	0	0	1
TOTAL	806.632	341.386	31.996	157.129	113	134.137	542.007	2.013.400

Fuente: "Cuantificación de la Reducción de Emisiones de Gases Efecto Invernadero por Introducción de la Electromovilidad en Bolivia"; Elaboración propia con datos de: www.ine.gov.bo; Estadísticas del Parque Automotor 2005-2019

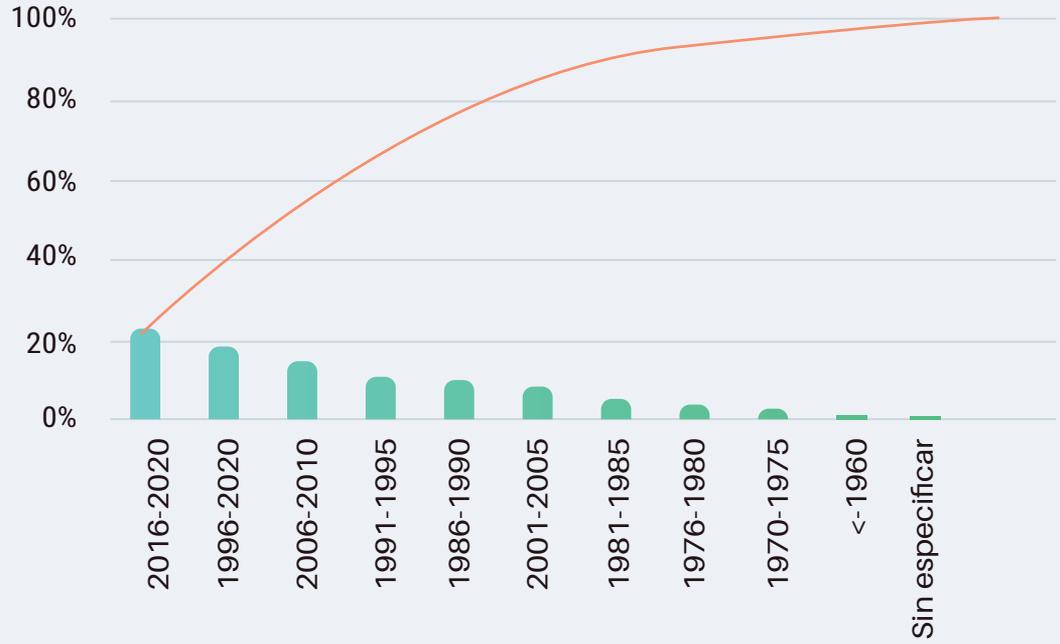
El 41,7% del PA tiene menos de 10 años, solo un 22,9% tiene menos de 5 años, es decir que tenemos un 58,3% equivalente a 1.174.066 vehículos que tiene más de 10 años de antigüedad.

El PA de Bolivia es relativamente nuevo





PA según agrupación por modelo de vehículo (2019)



2.4.5. Parque Automotor Agrupado por Cilindrada

La cilindrada de un vehículo se encuentra relacionada con el buen rendimiento y la potencia del motor sin embargo la relación es directa con el consumo de combustible y la generación de gases de efecto invernadero (GEI) producto de la combustión.

En el siguiente cuadro se muestra la agrupación del PA en Bolivia según la cilindrada.

Parque automotor de Bolivia agrupado por cilindrada

Vehículo por Cilindrada	Camioneta/Jeep/Vagoneta	Automóvil	Bus/Microbus	Camion/Tracto/Trimovil/Torpedo	Maquinaria Pesada	Minibuses/Furgon	Moto/QuadraTrack	Total
< a 850	3.446	8.943	3	34	15	969	536.984	550.394
850 - 1400	64.708	110.813	17	520	1	7.245	4.290	187.594
1401 - 2500	499.960	212.331	835	6.581	7	112.677	725	833.116
> a 2500	238.518	9.299	31.141	149.994	90	13.246	8	442.296
TOTAL	806.632	341.386	31.996	157.129	113	134.137	542.007	2.013.400

Fuente: "Cuantificación de la Reducción de Emisiones de Gases Efecto Invernadero por Introducción de la Electromovilidad en Bolivia" Elaboración propia con datos de: www.ine.gob.bo ; Estadísticas del Parque Automotor 2005-2019

Vehículo por Cilindrada	Camioneta/Jeep/Vagoneta	Automóvil	Bus/Microbus	Camion/Tracto/Trimovil/Torpedo	Maquinaria Pesada	Minibuses/Furgon	Moto/QuadraTrack
< a 850	0,4%	2,6%	0,0%	0,0%	13,3%	0,7%	99,1%
850 - 1400	8,0%	32,5%	0,1%	0,3%	0,9%	5,4%	0,8%
1401 - 2500	62,0%	62,2%	2,6%	4,2%	6,2%	84,0%	0,1%
> a 2500	29,6%	2,7%	97,3%	95,5%	79,6%	9,9%	0,0%
TOTAL	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%

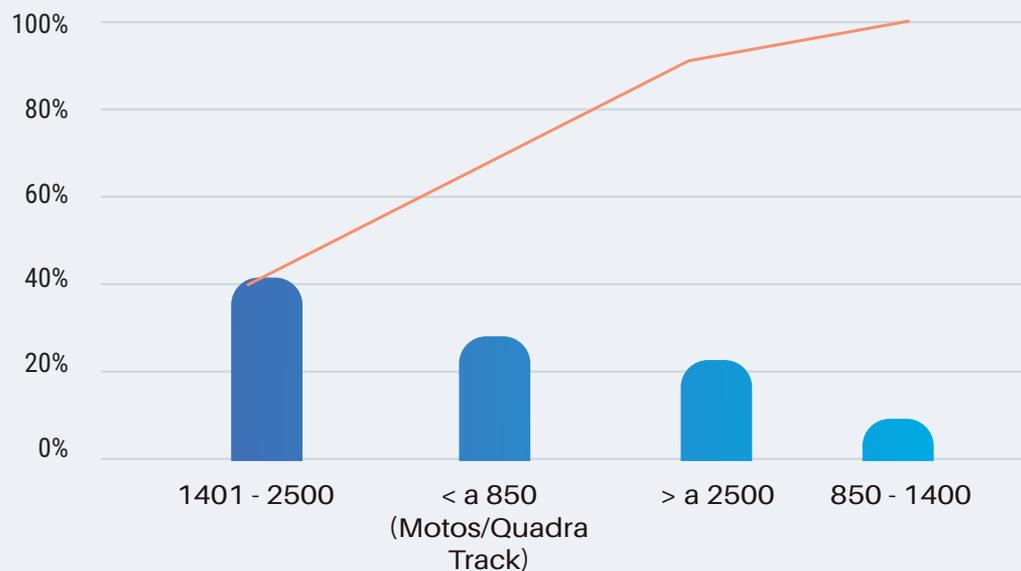
**Predominan cilindradas
1401 a 2500 cc**

Del análisis de las cilindradas más usadas en Bolivia, la mayor cantidad de Vagonetas, Jeeps, Camionetas, Automóviles, Minibuses y Furgones corresponden a la categoría de 1.041 a 2.500 centímetros cúbicos (cc) de cilindrada (41 %).

Buses/Microbuses y Camiones tienen una cilindrada mayor a 2.500 cc., con porcentajes de 97,33 y 95,5% respectivamente.

Clase de vehículo	Cilindrada Asumida (CC)
Camioneta/Jeep/Vagoneta	1401 - 2500
Automóvil	1401 - 2500
Bus/Microbus	>a 2500
Camión/ Tractor/ Trimovil/Torpedo	>a 2500
Maquinaria pesada	>a 2500
Minibuses/Furgón	1401 - 2500
Mot/QuadraTrack	<a 850

Figura: PA por clase de servicio (2019)



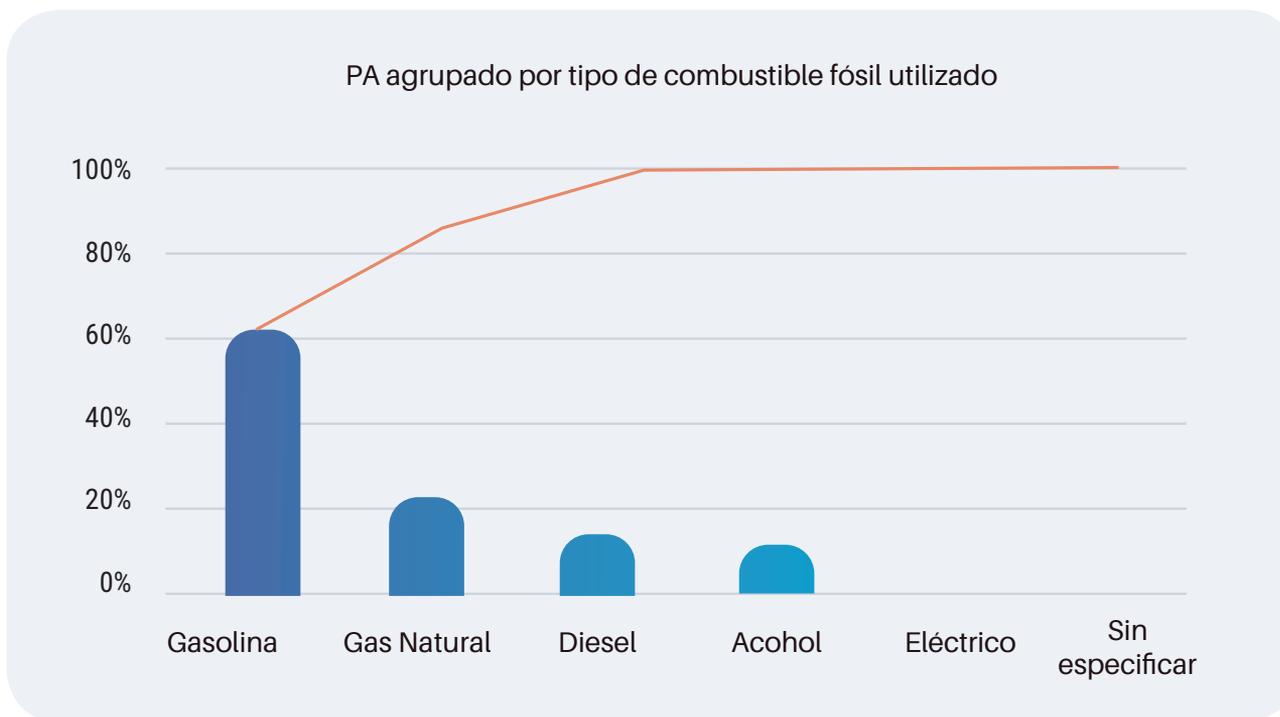
Esta información será utilizada para la eficiencia promedio de los vehículos (litros/km)





2.4.6. Parque Automotor Agrupado por Tipo de Combustible Utilizado

El 63% de los vehículos del PA en Bolivia utilizan gasolina como combustible, el 24% GNV y el restante 13% diésel, aunque por eficiencia y uso los volúmenes de combustible son diferentes.



Cuadro: PA agrupado por tipo de combustible fósil utilizado

Vehículos por tipo de combustible (año 2016)	Alcohol	Diesel	Gas Natural	Gasolina	Eléctrico	Sin especificar	Total
Ambulancia/ Camioneta / Jeep / Vagoneta	15	60.275	229.300	439.250	3	4	728.847
Automóvil	7	3.141	164.336	136.245	0	4	303.733
Bus / Microbús	1	24.982	277	5.186	1	0	30.447
Minibuses / Furgón	6	11.215	9.151	85.343	3	1	105.719
Moto QuadraTrack	5	17	99	395.303	30	4	395.458
Camión / Tracto Camión / Torpedo / Tri movil	14	131.038	226	15.515	1	7	146.801
	48	230.668	403.389	1.076.842	38	20	1.711.005

Del total de PA, 1.076.842 vehículos utilizan gasolina como combustible y 203.668 utilizan diésel, combustibles fósiles que durante el proceso de combustión emiten GEI. Tan solo 38 vehículos en Bolivia son eléctricos.



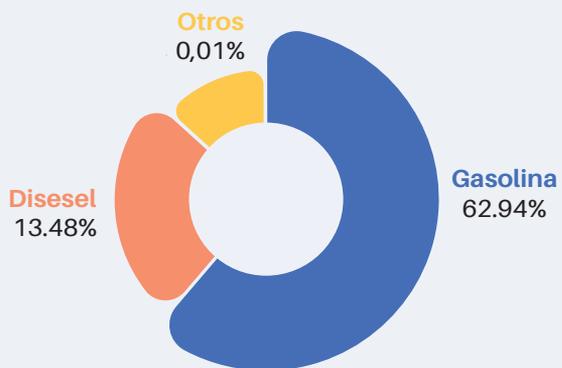


	Gasolina	Diesel	Gas Natural	
Ambulancia/ Camioneta / Jeep / Vagoneta	60%	8%	31%	100%
Automóvil	45%	1%	54%	100%
Bus / Microbús	17%	82%	1%	100%
Minibuses / Furgón	81%	11%	9%	100%
Moto QuadraTrack	100%	0%	0%	100%
Camión / Tracto Camión / Torpedo / Tri movil	11%	89%	0%	100%

Fuente: INE (www.ine.gob.bo) Estadísticas del Parque Automotor 2003- 2016.

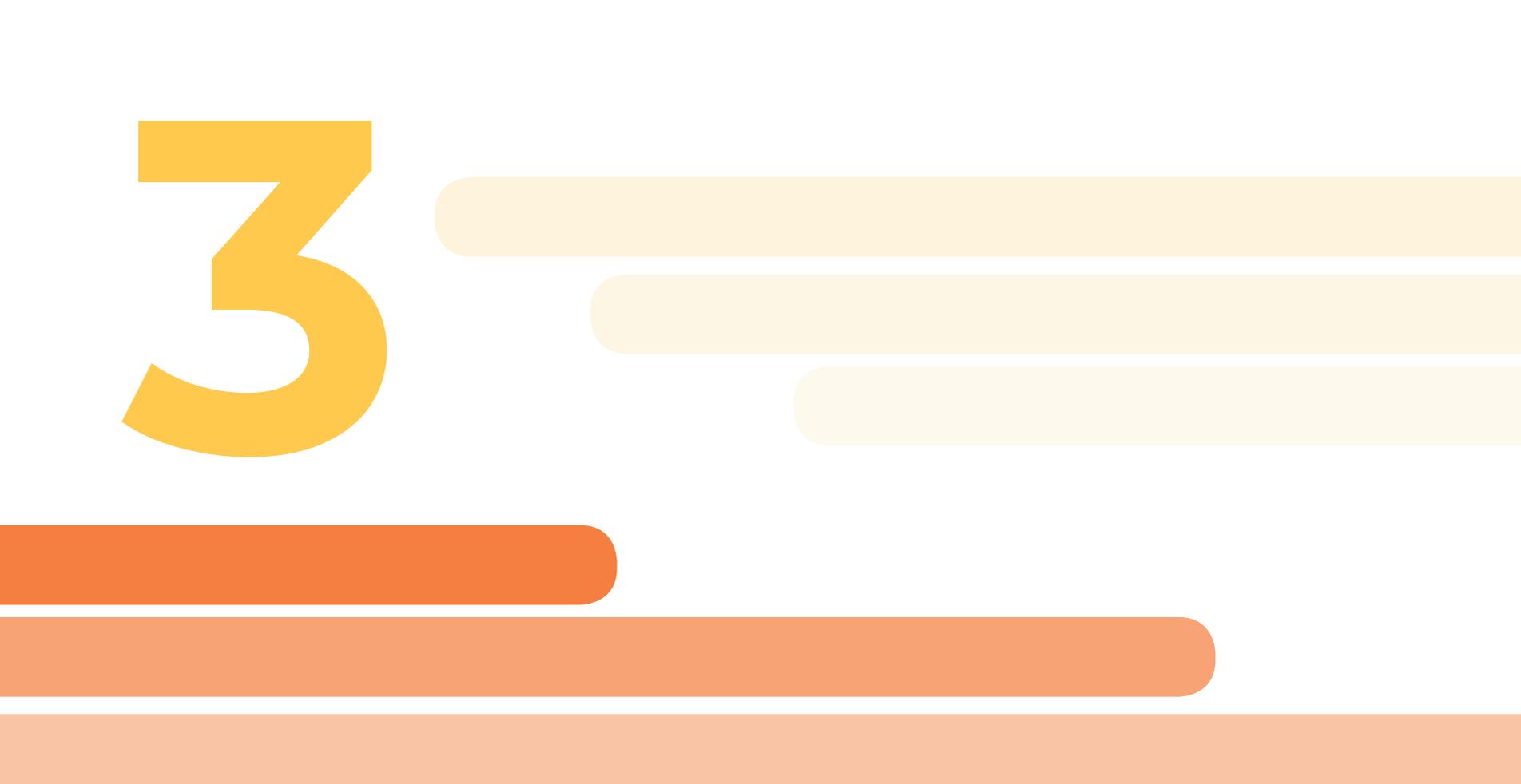
Ministerio Hidrocarburos, Conversiones Realizadas por la EEC - GNV - Consolidado 2010 a Julio 2018

Tipo de Combustible Utilizado



Como se puede observar, el combustible más utilizado es la gasolina con un 62,94%

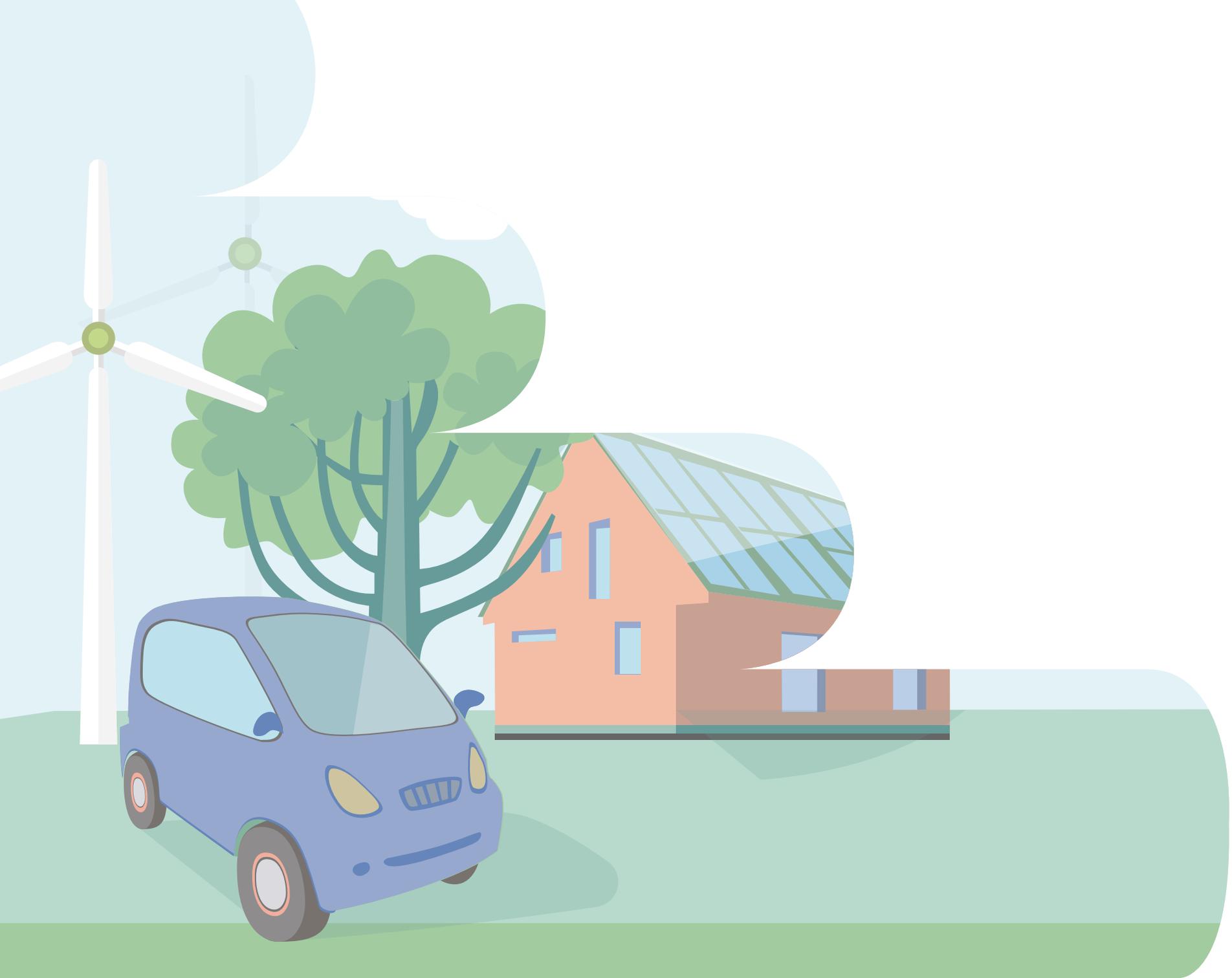




3

Tercera sección

Cuantificación de la línea base de emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) del sector transporte urbano y la reducción de emisiones por el efecto de la introducción de la movilidad eléctrica en Bolivia



3.1.

Metodología

La cuantificación de la línea base de emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) del sector transporte urbano y la reducción de emisiones por el efecto de la introducción de la movilidad eléctrica en Bolivia fue realizada en base a la aplicación de la siguiente metodología de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC):

- AMS.III-S: “Introducción de vehículos/tecnologías en vehículos comerciales o flotas de vehículos bajos en emisiones de GEI”.

Metodología aplicable a actividades de proyectos que introducen vehículos para pasajeros comerciales (incluido el transporte público), materiales y carga, bajos en emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI), operando en condiciones de tráfico comparables y en terrenos similares.

Se encuentra disponible en el sitio web de la CMNUCC o en el siguiente enlace: [Introduction of low-emission vehicles/ technologies to commercial vehicle fleets](#) - Versión 2.

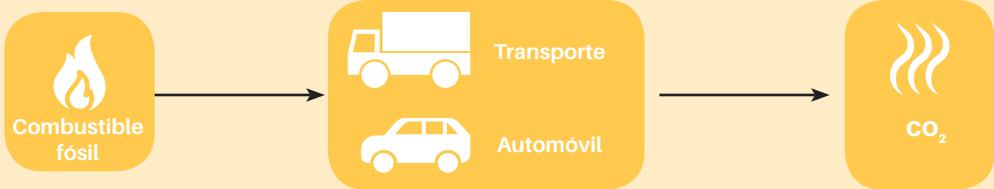
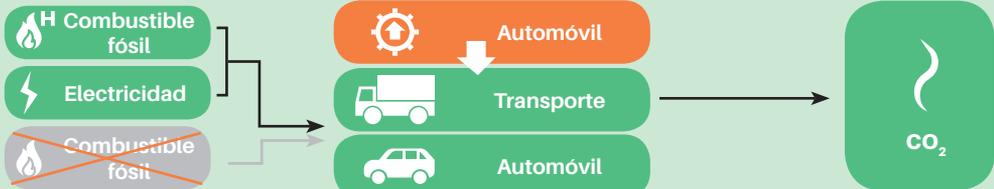
Para el sector transporte la CMNUCC ha desarrollado 3 metodologías para el cálculo de emisiones de GEI:

1. Energía Renovable
2. Eficiencia Energética
3. Cambio de Combustible/Materia Prima

Según el tipo de mitigación que se plantea a través del estudio de “Cuantificación de la Reducción de Emisiones de Gases Efecto Invernadero por Introducción de la Electromovilidad en Bolivia”, la metodología AMS.III-S corresponde a las categorías 2 y 3”.

A continuación, se detallan las características de la metodología AMS-III.S.

Metodología AMS-III.S: Introducción de vehículos / tecnologías de bajas emisiones a flotas de vehículos comerciales

Proyectos Típicos	Introducción y funcionamiento de nuevos vehículos que emitan menos gases de efecto invernadero (por ejemplo, GNC, GLP, eléctrico o híbrido) para transporte comercial de pasajeros y mercancías, que funcionen en rutas con condiciones comparables . También se aplica la modernización de vehículos existentes.
Tipo de acción de mitigación de GEI	Cambio de combustible. <ul style="list-style-type: none"> Desplazamiento (reemplazo) de vehículos más intensivos en emisiones de GEI.
Condiciones importantes en cuál es la metodología aplicable	<ul style="list-style-type: none"> El nivel general de servicio proporcionado en rutas comparables antes del proyecto, la implementación seguirá siendo la misma y un cambio modal en el transporte no es elegible; No hay ningún cambio significativo en la tarifa discernible de su tendencia natural, que podría dar lugar a cambios en los patrones de uso del vehículo; No se reduce la frecuencia de funcionamiento de los vehículos; Las características de la ruta de viaje: distancia, puntos de inicio y finalización y la ruta en sí mismo y / o la capacidad introducida por el proyecto en suficiente para atender el nivel de transporte de pasajeros / carga proporcionado anteriormente.
Parámetros Importantes	<p>En la validación:</p> <ul style="list-style-type: none"> La eficiencia de los vehículos de referencia (También se puede monitorear ex post). <p>Monitoreo:</p> <ul style="list-style-type: none"> Distancia promedio anual de transporte por persona o tonelada de carga por vehículo de línea de base y del proyecto; Nivel de servicios en términos de pasajeros totales o volumen de mercancías transportadas en ruta antes y después de la implementación del proyecto.
Escenario Línea de Base: Operación de vehículos que emiten más emisiones de GEI para promocionar transporte de pasajeros y/o servicios de carga.	 <p>Este diagrama ilustra el flujo de energía y emisiones en el escenario de línea de base. Comienza con un icono de flama etiquetado como 'Combustible fósil'. Una flecha apunta a un cuadro que contiene un icono de camión etiquetado como 'Transporte' y un icono de coche etiquetado como 'Automóvil'. Una segunda flecha apunta desde este cuadro a un icono de flama etiquetado como 'CO₂'.</p>
Escenario con Proyecto: Operación de vehículos que emiten menos emisiones de GEI, eléctrico / híbrido para proporcionar transporte de pasajeros y / o servicios de carga.	 <p>Este diagrama ilustra el flujo de energía y emisiones en el escenario con proyecto. Comienza con tres iconos de flama: 'H Combustible fósil', 'Electricidad' (con un rayo) y 'Combustible fósil' (cancelado con una X roja). Flechas apuntan desde los primeros dos iconos a un cuadro que contiene un icono de casa y un icono de coche etiquetado como 'Automóvil'. Una flecha adicional apunta desde el icono de coche cancelado a un cuadro que contiene un icono de camión etiquetado como 'Transporte'. Una flecha adicional apunta desde el icono de camión cancelado a un cuadro que contiene un icono de coche etiquetado como 'Automóvil'. Una flecha final apunta desde el cuadro de 'Automóvil' y 'Transporte' a un icono de flama etiquetado como 'CO₂'.</p>

3.2.

Alcance del estudio

- El estudio considera todo el parque automotor de Bolivia. La mayor concentración del parque vehicular está en las ciudades de La Paz/El Alto, Cochabamba y Santa Cruz, es decir, tres pisos ecológicos claros (Grupo A mayor a 3.000 msnm, Grupo B entre 1.000 y 3.000 msnm y Grupo C menor a 1.000 msnm).
- La línea de Base calculada considera la reducción de emisiones de GEI, incluyendo los proyectos en funcionamiento o implementación de transporte eléctrico como Mi Teleférico en La Paz/El Alto y Mi Tren de la ciudad de Cochabamba.
- El estudio también considera los tipos de combustible utilizados Gasolina, Diésel y Gas Natural Vehicular (GNV), modelos de vehículos y cilindradas. El GLP no se considera para el estudio, ya que el parque vehicular que lo utiliza es marginal y opera de manera irregular.
- La división de tipo de servicio particular, público y oficial, no ha sido considerada, dado que gran parte del parque automotor público se encuentra registrado en el RUAT como de “servicio particular”, cuando en realidad es utilizado para el “servicio público o transporte de pasajero y carga”, el parque automotor oficial es mínimo y representa menos de 2% del total de vehículos del país.
- Manteniendo las condiciones de operación, distancias recorridas, carga y pasajeros transportados en cada uno de los tipos y clases de vehículos que forman parte del parque automotor (PA) de Bolivia.
- El alcance establece que es aplicable a “Actividades de proyectos que introducen vehículos para pasajeros comerciales (incluido el transporte público), materiales y carga bajos en emisiones de gases de efecto invernadero, operando en condiciones de tráfico comparables y en terrenos similares”.

3.3.

Definiciones, parámetros y datos importantes para el cálculo de la línea base y reducción de emisiones por introducción de la electromovilidad en Bolivia

Para la aplicación de la metodología AMS.III-S de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), se utilizaron los parámetros y formulas en su versión publicada originalmente (inglés) por lo que a continuación se detallan las definiciones de los principales parámetros considerados en el cálculo, insertando en el paréntesis la abreviación utilizada en adelante:

Sistema Eléctrico (red): Sistema Interconectado Nacional (SIN) boliviano.

Factor de Emisión (EF): Es una representación de la intensidad de emisiones de GEI ($\text{tCO}_2\text{-e/MWh}$) asociada a la generación de

energía eléctrica de las plantas conectadas a un sistema eléctrico (SIN).

El Factor de Emisión del SIN es la base para la estimación de reducciones de emisiones de proyectos de generación de energía eléctrica.

Declinación de eficiencia por uso (%/año): Corresponde a la pérdida de eficiencia de los motores por el uso.

Índice de Pasajeros por Kilómetro (IPK): Con este indicador se puede entender cuántos pasajeros se transportan por kilómetro, subiendo y bajando de la unidad, flujos y frecuencias.

PROCEDIMIENTO METODOLÓGICO PARA EL CÁLCULO DE LA LÍNEA BASE DE EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO (GEI) DEL PARQUE AUTOMOTOR Y LA REDUCCIÓN DE EMISIONES POR EL EFECTO DE LA INTRODUCCIÓN DE LA MOVILIDAD ELÉCTRICA EN BOLIVIA

Terminología empleada

i = tipo de vehículo para la línea base
y = año para la estimación de la línea base de emisiones
k = ruta para la línea base de emisiones
 Σ = Sumatoria de datos
EF_{elec} = Factor de emisión de electricidad de la red interconectada

A continuación se detallan las ecuaciones necesarias para el Cálculo de línea base de GEI del parque automotor (Ecuaciones 1 y 2) y el cálculo de la reducción de emisiones de GEI por introducción de la movilidad eléctrica (ecuaciones 3 y 4).

Cálculo de Factor de Emisión	Cálculo de línea base total de emisiones de GEI del PA	Cálculo de emisiones de GEI por generación de electricidad para funcionamiento de vehículos eléctricos	Cálculo de emisiones reducidas por introducción de electromovilidad
Ecuación 1	Ecuación 2	Ecuación 3	Ecuación 4
$BEF_i = \frac{\sum_j \sum_i D_i \times \eta_{BLV_i} \times NCV_j \times EF_{CO2,j}}{P_i \times dp_i}$	$BE_y = \sum P_{i,y,k} \times BEF_i \times dp_{i,y}$	$PE_y = \sum_i EC_{i,y} \times EF_{elec}$	$ER_y = BE_y - PE_y$
<p>Donde:</p> <p>BEF_i=Factor de emisiones de la línea de base por pasajero o tonelada por kilómetro y por cada tipo de vehículo i de la línea de base (tCO₂/pasajero-km o t CO₂/tn-km).</p> <p>P_i= Total, anual de pasajeros o toneladas de bienes transportados por cada tipo de vehículo i de la línea de base (pasajeros o tn)</p> <p>dp_i= Distancia promedio anual de transporte por persona o tonelada de viaje por cada tipo de vehículo i de la línea de base (km)</p> <p>D_i= Distancia total anual recorrida por cada tipo de vehículo i de la línea de base (km)</p> <p>η_{BLV_i}= Eficiencia de combustible por cada tipo de vehículo i de la línea de base (cantidad de combustible/km (ver parágrafo 19 metodología AMS.III-S)</p> <p>NCV_j= Poder Calorífico Neto o PCI del combustible fósil tipo j (MJ/Unidad de cantidad de combustible)</p> <p>EF_{CO2_i}= Factor de Emisión de CO2 del combustible utilizado por cada tipo de vehículo i de la línea de base (t CO₂/MJ)</p>	<p>Donde:</p> <p>BE_y= Línea de base total de emisiones en el año y (tCO₂/año)</p> <p>P_{i,y,k}= Total, anual de pasajeros o toneladas transportadas por cada vehículo i el año y en la ruta k</p> <p>BEF_i=Factor de emisiones de la línea de base por pasajero o tonelada por kilómetro y por cada tipo de vehículo i de la línea de base (tCO₂/pasajero-km o t CO₂/tn-km)</p> <p>dp_{i,y}= Distancia promedio anual de transporte de pasajeros o toneladas de carga por cada vehículo i el año y en la ruta k, en (km)</p>	<p>PE_y= Total emisiones del proyecto en el año y (tCO₂/año)</p> <p>EC_{i,y}= Consumo de electricidad por vehículo i en el año y</p> <p>EF_{elec}= Factor de emisión de electricidad de la red interconectada (tCO₂/MWh)</p>	<p>Donde:</p> <p>ER_y= Emisiones Reducidas en el año y (tCO₂/año)</p> <p>BE_y= Línea de base total de emisiones en el año y (tCO₂/año)</p> <p>PE_y= Total de emisiones del proyecto el año y (tCO₂/año).</p>



Aplicación de la Ecuación 1: Determinación del factor de emisión

Datos necesarios que serán determinados a través de la aplicación de las ecuaciones 1.1, 1.2, 1.3 y los pasos 4, 5, 6 y 7 en la ecuación 1.

- Cantidad de pasajeros o materiales por cada tipo de vehículo
- Distancia promedio de transporte de personas o materiales
- Cantidad de viajes realizados al día por persona o material
- Eficiencia energética del combustible
- Poder calorífico del combustible
- Factor de emisión del CO₂ del combustible utilizado
- Declinación de eficiencia por uso

1.1

Paso 1: Determinar la cantidad de pasajeros transportado o cantidad de bienes transportados al año mediante la siguiente ecuación:

$$P_i = \text{promedio de pasajeros al día} \times \text{días del año}$$

Aplicación para transporte de pasajeros

$$P_i = \text{Promedio de toneladas al día} \times \text{días del año}$$

Aplicación para transporte de carga

Donde:

P_i = Total, anual de pasajeros o toneladas de bienes transportados por cada tipo de vehículo i de la línea de base (pasajeros o tn)

Promedio de pasajeros al día= Datos obtenidos de:

Doppelmayr (Estudio técnico, económico, social y ambiental) - Mi Teleférico La Paz

Plan Maestro de Movilidad Urbana Sustentable para el Área Metropolitana de Cochabamba-PMMUS (2015)

Plan de Modernización de Transporte Público (SIT); Dirección de Tráfico y Transporte (GAMSCZ)

Proyecto de Plan Maestro para la Mejora del Transporte del Área Metropolitana de Santa Cruz; JICA (2015)

Promedio de toneladas al día= Datos obtenidos de:

Proyecto de Plan Maestro para la Mejora del Transporte del Área Metropolitana de Santa Cruz; JICA; 2017

Plan Maestro de Movilidad Urbana Sustentable para el Área Metropolitana de Cochabamba-PMMUS (2015)



1.2

Aplicación para transporte de pasajeros

$dp_i = \text{distancia promedio de viajes} \times \text{promedio de viajes realizados al día} \times \text{días del año}$

$dp_i = (\text{distancia promedio recorrida al día} / \text{promedio de toneladas transportadas al día}) \times \text{días del año}$

Paso 2: Determinar la distancia total anual recorrida para cada tipo de vehículo del parque automotor aplicando la ecuación 1.2.

Donde:

dp_i = Distancia total anual recorrida por cada tipo de vehículo i de la línea de base (km)

distancia promedio de viajes= Datos obtenidos de:

Estudio de transporte público en el Área metropolitana - La Paz (Waldo Yanaguaya)

Plan Maestro de Movilidad Urbana Sustentable para el Área Metropolitana de Cochabamba-PMMUS (2015)

Proyecto de Plan Maestro para la Mejora del Transporte del Área Metropolitana de Santa Cruz; JICA (2015).

promedio de viajes realizados al día = Datos obtenidos de:

Plan de movilidad urbana sostenible – PMUS (La Paz)

Plan Maestro de Movilidad Urbana Sustentable para el Área Metropolitana de Cochabamba-PMMUS (2015)

Proyecto de Plan Maestro para la Mejora del Transporte del Área Metropolitana de Santa Cruz; JICA (2015).

distancia promedio recorrida al día = Datos obtenidos de:

Estudio Swisscontact - Inventario de Emisiones del Municipio de La Paz (2007)

Plan Maestro de Movilidad Urbana Sustentable para el Área Metropolitana de Cochabamba-PMMUS (2015)

Inventario de Emisiones Atmosféricas Contaminantes de la Ciudad de Cochabamba, Bolivia, (2008)

Plan de Modernización de Transporte Publico (SIT); Dirección de Tráfico y Transporte (GAMSCZ)

Proyecto de Plan Maestro para la Mejora del Transporte del Área Metropolitana de Santa Cruz; JICA (2015).

Promedio de toneladas transportadas al día = Datos obtenidos de:

Proyecto de Plan Maestro para la Mejora del Transporte del Área Metropolitana de Santa Cruz; JICA; 2017

Plan Maestro de Movilidad Urbana Sustentable para el Área Metropolitana de Cochabamba-PMMUS (2015)

1.3

Paso 3: Determinar la distancia total recorrida anualmente por cada tipo de vehículo del parque automotor (aplicable para transporte de personas y para transporte de carga)

$$D_i = \text{distancia promedio recorrida al día} \times \text{días del año}$$

Donde:

D_i = Distancia total anual recorrida por cada tipo de vehículo i de la línea de base (km)

distancia promedio recorrida al día = Datos obtenidos de:

Estudio Swisscontact - Inventario de Emisiones del Municipio de La Paz (2007).

Plan Maestro de Movilidad Urbana Sustentable para el Área Metropolitana de Cochabamba-PMMUS (2015)

Inventario de Emisiones Atmosféricas Contaminantes de la Ciudad de Cochabamba, Bolivia, (2008)

Plan de Modernización de Transporte Público (SIT); Dirección de Tráfico y Transporte (GAMSCZ)

Proyecto de Plan Maestro para la Mejora del Transporte del Área Metropolitana de Santa Cruz; JICA (2015).

Paso 4: Determinar la eficiencia del combustible utilizado mediante bibliografía.

η_{BLV_i} = Eficiencia de combustible por cada tipo de vehículo i de la línea de base (cantidad de Combustible/km)

Eficiencia en el uso de combustible	Ambulancia/ Camioneta/ Jeep/ Vagoneta	Automóvil Particular	Trufi - Taxi	Bus/ Microbús	Mini-buses/ Furgón	Moto/ Quadra-Track	Camión/ Tracto Camión/ Torpedo/ Tri Móvil	Buses Puma Katari y Wayna Bus	Micro buses (alimentadores La Paz Bus)	Tasa de declinación de eficiencia por uso (%/año)
Gasolina	0,12	0,10	0,10	0,19	0,11	0,04	0,25			0,30%
Diesel Oil	0,10	0,07	0,07	0,19	0,10	0,04	0,25	0,24	0,19	0,30%
Gas Natural Vehicular	0,12	0,10	0,10	0,19	0,11	0,04	0,25		0,00	

Fuente: Herramienta para la estimación de emisiones de compuestos de efecto invernadero en proyectos de desarrollo orientado al transporte, USAID

Paso 5: Determinar el poder calorífico neto del combustible utilizado.

NCV_j = Poder Calorífico Neto o PCI del combustible fósil tipo j (MJ/Unidad de cantidad de combustible)

Datos del Combustible	$NCV_j = \text{PCI del combustible (TJ/Gg)}$	Densidad (Tn/m ³)	$NCV_j = \text{PCI del combustible (MJ/litro)}$
Gasolina	44,30	0,75	33,23
Diesel Oil	43,00	0,88	37,84
Gas Natural Vehicular	970,00	940,00	32,20

EF_{CO_2j} = Factor de Emisión de CO₂ del combustible utilizado por cada tipo de vehículo i de la línea de base (t CO₂/MJ).

Paso 6: Determinar el Factor de Emisión del CO₂ del combustible utilizado.

Datos del Combustible	Factor Emisión del Combustible IPCC 2006 (kgCO ₂ /TJ)	Factor Emisión del Combustible IPCC 2006 (tCO ₂ /MJ)
Gasolina	69.300	0,0000693
Diesel Oil	74.100	0,0000741
Gas Natural Vehicular	56.100	0,0000561

Paso 7: Determinación del factor de emisión de línea base por pasajero o bienes transportados mediante el remplazo de los valores obtenidos en las fórmulas 1.1, 1.2, 1.3 y los pasos 4, 5, 6 y 7 en la ecuación 1

Ecuación 1

$$BEF_i = \frac{\sum_j \sum_i D_i \times \eta_{BLV_i} \times NCV_j \times EF_{CO_2,j}}{P_i \times dp_i}$$

Aplicación de Ecuación 2: Determinación de la línea base total de emisiones de GEI del PA

Según el estudio “Cuantificación de la Reducción de Emisiones de Gases Efecto Invernadero por Introducción de la Electromovilidad en Bolivia” se realiza la agrupación considerando tres pisos ecológicos: Grupo A (La Paz-Ururo-Potosí), Grupo B (Cochabamba – Tarija – Chuquisaca) y Grupo C (Santa Cruz – Beni – Pando). En cada grupo se determina la Línea de Base de Emisiones del PA, considerando la clase de vehículo, consumo de combustible, tipo de combustible y tipo de servicio como se ve a continuación:

Línea base (BE _y tCO ₂ /año) por clase de vehículo	Consumo combustible	Línea base por tipo de combustible	Línea base por tipo de servicio
Ambulancia / Camioneta / Jeep / Vagoneta			
Automóvil particular			
Automóvil público (taxi)			
Automóvil público (trufi)			
Bus / Microbus	Consumo PA Gasolina (litros / año)	Emisiones PA Gasolina (BE _y en tCO ₂ /año)	Trasporte Privado (tCO ₂ /año)
Minibuses / furgón	Consumo PA Diesel (litros / año)	Emisiones PA Diesel (BE _y en tCO ₂ /año)	Trasporte Público (tCO ₂ /año)
Moto / QuadraTrack	Consumo PA Gas Natural (m ³ / año)	Emisiones PA Gas Nat. (BE _y en tCO ₂ /año)	Trasporte de Carga (tCO ₂ /año)
Camión / Tracto Camión / Torpedo /TriMóvil			
Buses Puma Katari y Wayna Bus			
Micro buses (alimentadores La Paz Bus)			

La línea base de emisiones de GEI del PA se puede obtener de igual forma agrupando por clase de vehículo, por tipo de combustible o tipo de servicio.

Paso 1: Se debe utilizar los resultados obtenidos mediante las fórmulas 1.1, 1.2 y 1.3 para todos los tipos de vehículos del parque automotor y realizar la suma total de todos para un determinado año aplicando la ecuación 2, como se muestra a continuación

Ecuación 2

$$BE_y = \sum P_{i,y,k} \times BEF_l \times dp_{i,y}$$

La ecuación 2 aplica para cálculo de línea base de emisiones de cada tipo de vehículo en un determinado año. Las emisiones de línea base totales se calculan anualmente bajo el siguiente detalle:

- Agrupación de vehículos dentro de la categoría consumo de combustible
- Obtener el factor de emisión por tipo de vehículo dentro de la categoría de consumo de combustible
- Cálculo de línea base de emisiones por tipo de vehículo, por tipo de combustible o tipo de servicio
- Sumatoria de línea base de emisiones del PA por consumo de combustible o tipo de servicio

Paso 2: Para el uso de datos de la proyección del PA por cada tipo de vehículo aplicamos la siguiente ecuación, que considera la tasa de declinación de eficiencia por uso del vehículo

Ecuación 2.1.

$$BE_y = \sum \text{Cantidad de vehiculos por tipo}_{i,y} \times P_{i,y,k} \times dp_{i,y} \times [BEF_l \times (1 + \text{tasa de declinación de eficiencia por uso})]$$

Cantidad de vehiculos por tipo_{i,y} = proyección del parque automotor

tasa de declinación de eficiencia por uso= 0,30 % Fuente: Herramienta para la estimación de emisiones de compuestos de efecto invernadero en proyectos de desarrollo orientado al transporte

Para fines de aplicación de la ecuación 2.1. se debe aplicar el siguiente procedimiento:

	(Z)	(AA)	(BB)	(CC)	(DD)	$EE = Z * BB * DD * (CC * (1 + AA))$
Tipo de Vehículo - Parque Automotor	Cantidad de Vehículos de pasajeros del tipo i (año de calculo)	Tasa de declinacion de eficiencia por uso (%/año)	$P_{i,y,k}$ (Pasajeros/año) por tipo de vehículo	BEF i (Factor de Emisión - Línea de Base)	$dp_{i,y}$ (km/persona-año) por tipo de vehículo	BE_y (tCO₂/año) por tipo de vehículo de pasajeros

Calculo por cada tipo de combustible y vehículo de PASAJEROS y cada año histórico o proyectado del Parque Automotor

	(FF)	(GG)	(HH)	(II)	(JJ)	$KK = FF * HH * JJ * (II * (1 + GG))$
Tipo de Vehículo - Parque Automotor	Cantidad de Vehículos de carga i (año de calculo)	Tasa de declinacion de eficiencia por uso (%/año)	$P_{i,y,k}$ (tn/año) por camión	BEF i (Factor de Emisión - Línea de Base)	$dp_{i,y}$ (km/tn-año) por camión	BE_y (tCO₂/año) por vehículo de carga

Calculo por cada tipo de combustible y vehículo de CARGA y cada año histórico o proyectado del Parque Automotor

Aplicación de Ecuación 3: Cálculo de emisiones de GEI por generación de electricidad para funcionamiento de vehículos eléctricos

La ecuación 3 aplica para el cálculo de emisiones de GEI por la implementación de vehículos eléctricos en el parque automotor, para esto requerimos de la siguiente información:

- Cantidad de vehículos a combustible fósil a sustituir
- Equivalencias de movilidad eléctrica
- Consumo eléctrico de los vehículos
- Porcentaje de tipo de transporte público que a convertir
- Porcentaje de crecimiento de introducción de vehículos eléctricos pro año

Paso 1: Determinar el consumo de electricidad por los vehículos eléctricos a introducir al PA

Con la proyección del PA, se establece un porcentaje de la cantidad de vehículos a sustituir y su porcentaje de crecimiento, estos resultarían ser los vehículos eléctricos a introducir en los siguientes años.

$$\begin{aligned}
 & \text{Cantidad de buses eléctricos a introducir} \\
 & = \frac{(\text{Cantidad de vehículos a combustible fósil} \times \% \text{ tipo de transporte a convertir} \times \% \text{ de crecimiento})}{\text{equivalencias de movilidad eléctrica}}
 \end{aligned}$$

Las equivalencias de movilidad eléctrica se obtiene del siguiente cuadro

Consumo eléctrico			
Buses Eléctricos	1,26	kWh/km	
Camiones eléctricos	1,26	kWh/km	
Automóviles eléctricos	0,23	kWh/km	
Equivalencias de movilidad			
1	Bus elect. =	1	Bus (Puma Katari)
1	Bus elect. =	2,7	Microbuses de 26 pasajeros
1	Bus elect. =	5,3	Minibuses de 11 pasajeros
1	Bus elect. =	10,7	Trufis de 5 pasajeros
1	Camión elect. =	1	Camión Combustible Fósil
3	Automóvil elect. =	1	Automóvil Combustible Fósil

Fuente: Pruebas de Campo Bus 100 % Eléctrico
https://www.miem.gub.uy/sites/default/files/informe_pruebas_bus_electrico_byd.pdf
 Proyecto Transmilenio, Bogota - Colombia

Par a determinar el consumo de electricidad por vehículo se procede a:

$$EC_{i,y} = \text{cantidad de buses eléctricos a introducir} \times \text{consumo eléctrico} \times D_i$$

Donde:

$EC_{i,y}$ = Consumo de electricidad por vehículo i en el año y

consumo eléctrico = el valor se obtiene del cuadro anterior y depende del tipo de vehículo

D_i = kilómetros de distancia recorrida por tipo de vehículo por año

Paso 2: Mediante la bibliografía citada a continuación calcular el factor de emisión de electricidad de la red interconectada.

EF_{elec} = Factor de emisión de electricidad de la red interconectada (tCO₂/MWh)

Año	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Factor de Emisiones SIN (tCO ₂ /MWh)	0,40	0,46	0,42	0,38	0,25	0,24	0,18	0,20	0,21	0,22	0,23	0,24	0,26	0,28	0,27	0,28

Fuente: GIZ 2018; Estudio sobre la cuantificación reducciones de emisiones de la inversión en energía renovable en Bolivia

Paso 3: Para el cálculo de las emisiones de GEI por generación de electricidad consumida por los vehículos eléctricos a ser introducidos en el PA boliviano se aplican las variables de los pasos 1 y 2 en la ecuación 3.

Ecuación 3

$$PE_y = \sum_i EC_{i,y} \times EF_{elec}$$

Aplicación de Ecuación 4. Determinación de las emisiones de GEI reducidas (por la introducción del proyecto – movilidad eléctrica)

La determinación de las emisiones de GEI reducidas anualmente es necesario determinar los valores de las emisiones con proyectos de electricidad y las emisiones.

Paso 1: Se procede a remplazar los valores obtenidos en las fórmulas 2.1 y 3.1 en la ecuación 4 como se muestra a continuación:

Ecuación 4

$$ER_y = BE_y - PE_y$$

3.4.

Resultados

3.4.1. Línea Base de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) del Parque Automotor

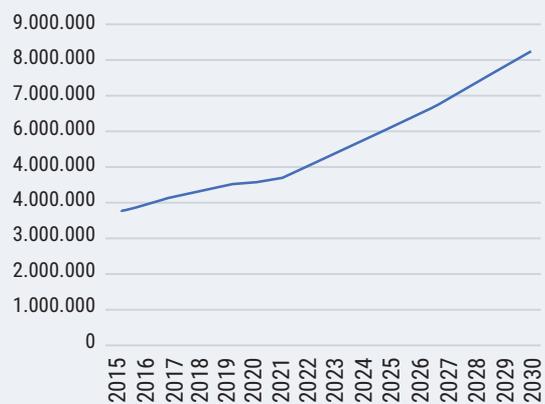
Emisiones por pisos ecológicos y tipo de combustible

Luego de aplicar la metodología AMS.III-S y los pasos detallados anteriormente se calculó las siguientes líneas de base considerando los **tres pisos ecológicos (Grupos A, B y C)**:

- Línea de base de emisiones de GEI
- Consumo de combustible
- Línea de base de emisiones por tipo de combustible
- Línea de base de emisiones de GEI por tipo de servicio (privado, público y de carga).

Grupo A: La Paz – Oruro – Potosí

Línea de Base Emisiones - BEy
Parque Automotor Grupo A: Lapaz - Oruro - Potosí (tCO₂/año)

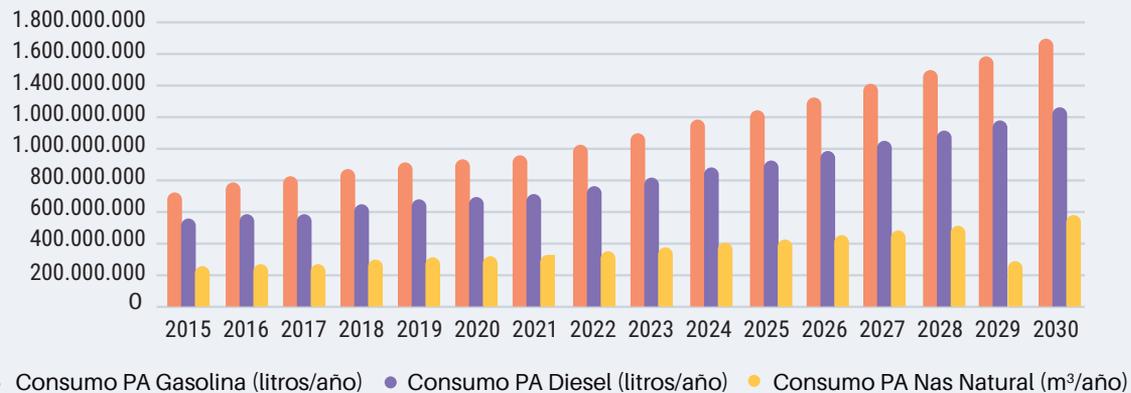


En este grupo las emisiones de GEI pasarían de 4,5 a 8,3 Millones de tCO₂/año en el periodo 2015-2030, con un crecimiento de 82%, a una tasa de crecimiento anual de 5,6%.





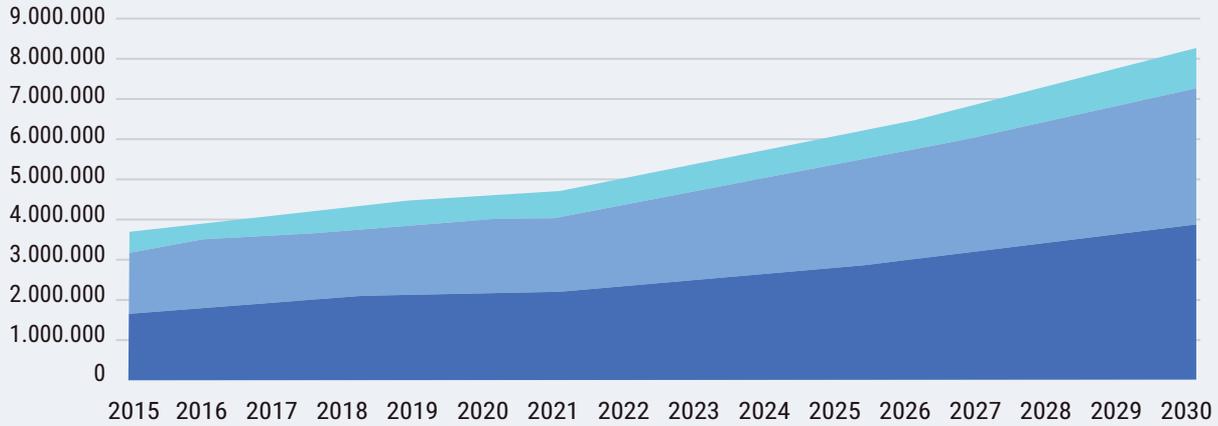
Consumo de Combustible Fósil Parque Automotor - Grupo A: Lapaz - Oruro - Potosí



El consumo de combustibles fósiles se incrementaría en un 82% y crecería a la a la misma tasa de las emisiones de GEI.



Línea de Base de Emisiones - BEy - por tipo de servicio
Parque Automotor - Grupo A: Lapaz - Oruro - Potosí (tCO₂/año)

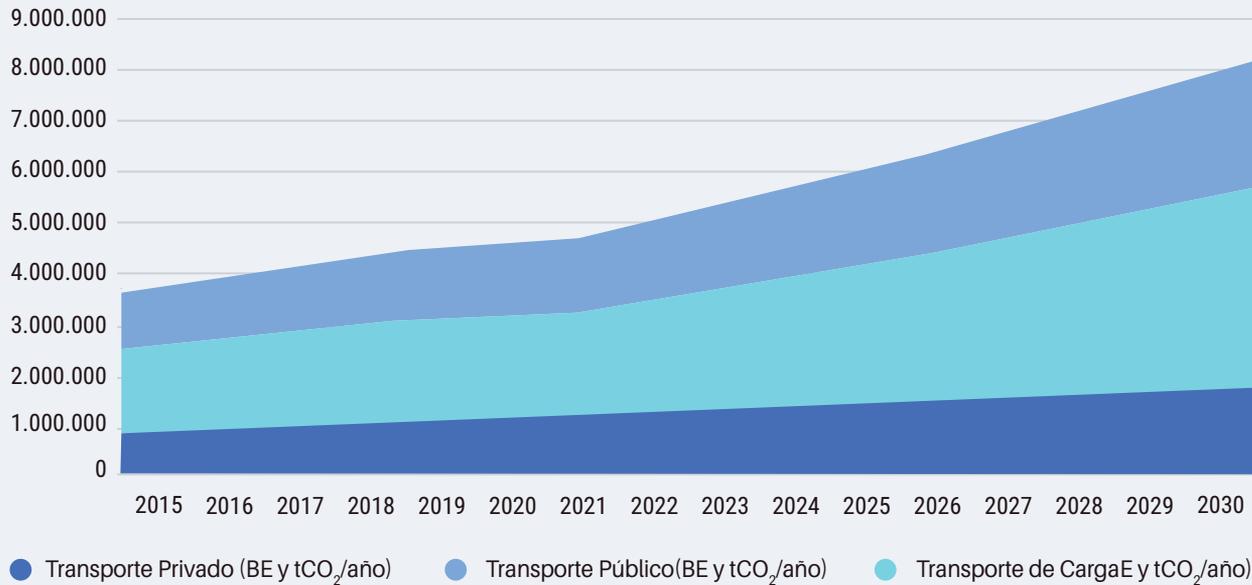


● Emisiones PA Gasolina (BE y tCO₂/año) ● Emisiones PA Gas Nat (BE y tCO₂/año) ● Emisiones PA Diesel (BE y tCO₂/año)

De acuerdo al tipo de combustible, la proyección de emisiones de GEI al 2030 prevé que el Parque automotor del grupo A (La Paz, Oruro y Potosí), que utiliza gasolina genere 3.9 Millones de tCO_{2-eq}, seguidos de 3.3 Millones de tCO_{2-eq} provenientes de vehículos a diésel y 1 Millón de tCO_{2-eq} de vehículos a gas natural.



**Línea de Base de Emisiones - BEy - por tipo de servicio
Parque Automotor - Grupo A: Lapaz - Oruro - Potosí (tCO₂/año)**

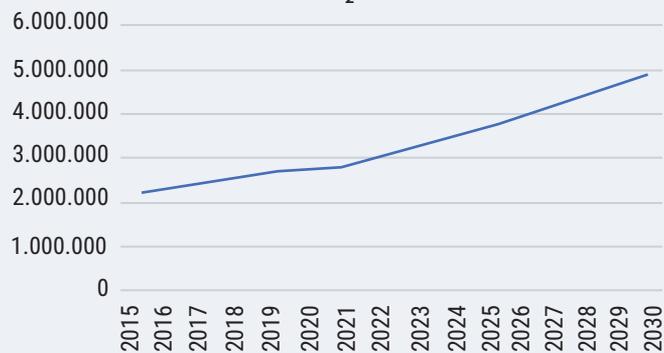


La clase de vehículos que más emisiones de GEI aporta son los Minibuses/Furgón de transporte público de pasajeros y el transporte de carga en camiones, aspecto que coincide considerando el tipo de servicio, donde los mayores aportantes son el transporte público y el de carga que representan el 78% de las emisiones.



Grupo B: Cochabamba – Tarija - Chuquisaca

**Línea de Base Emisiones - BEy
Parque Automotor
Grupo B: Cochabamba - Tarija - Chuquisaca
(tCO₂/año)**



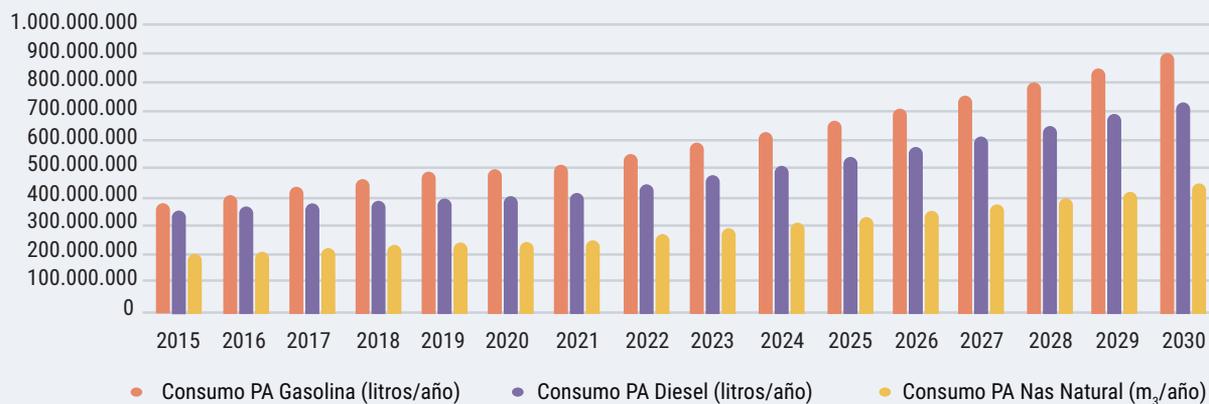
En este grupo las emisiones de GEI pasarían de 2,8 a 4,9 Millones de tCO₂/año en el periodo 2019 a 2030, es decir crecerían un 83% en 11 años, a una tasa de crecimiento anual de 5,6%.



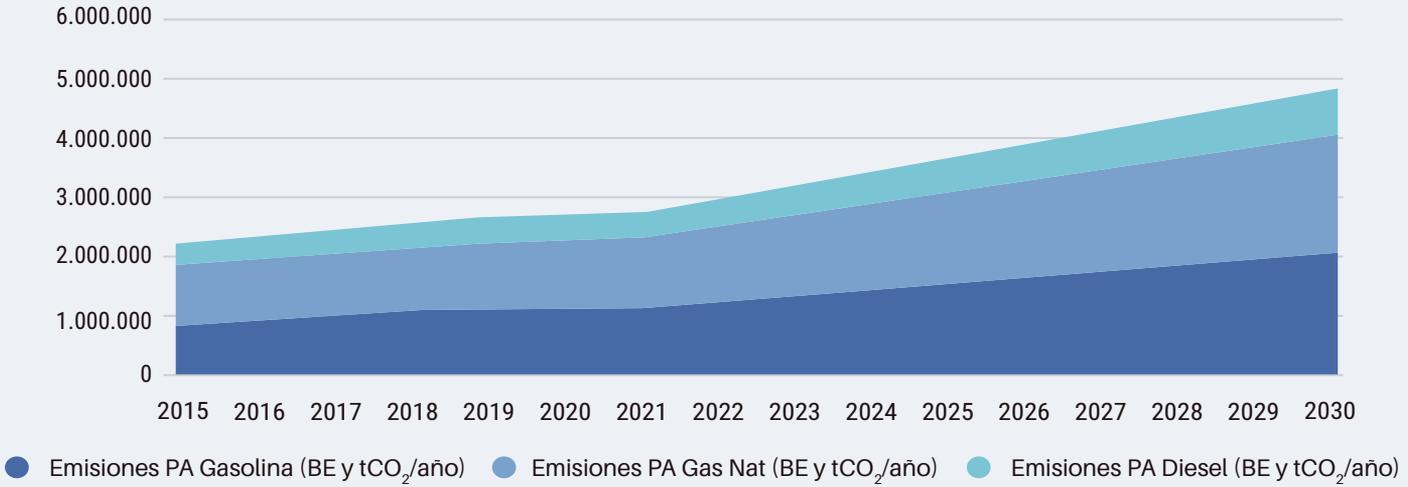
El consumo de combustibles fósiles se incrementaría en un 83% y crecería a la misma tasa de las emisiones de GEI.



**Consumo de Combustible Fósil
Parque Automotor - Grupo B: Cochabamba - Tarija - Chuquisaca**



**Línea de Base de Emisiones - BEy - por tipo de combustible
Parque Automotor - Grupo B: Cochabamba - Tarija - Chuquisaca (tCO₂/año)**

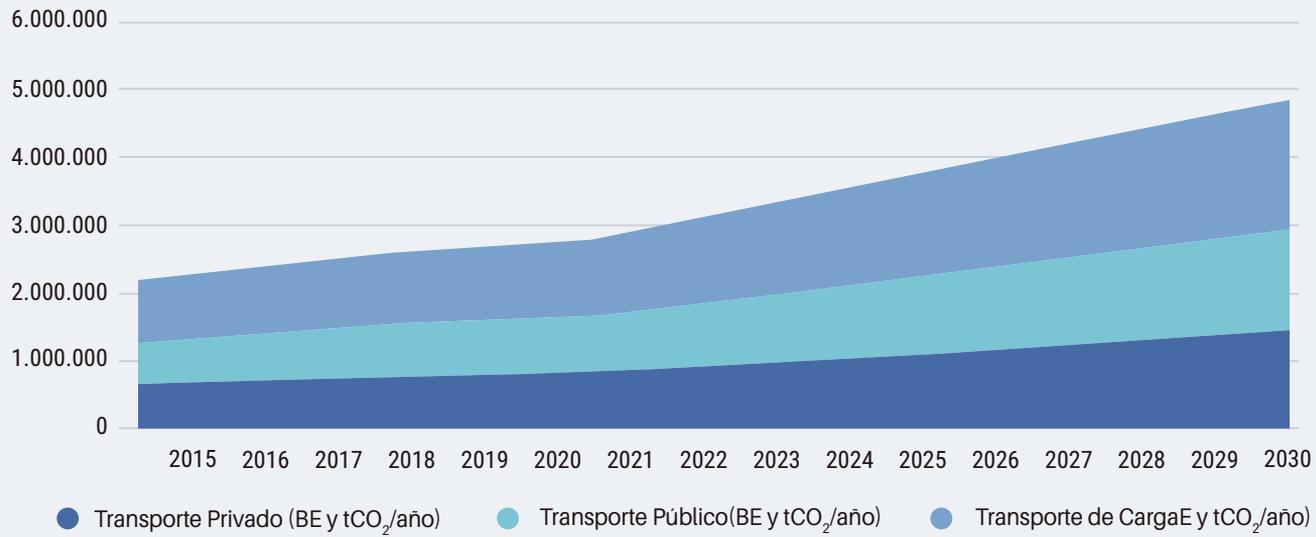


De acuerdo al tipo de combustible, la proyección de emisiones de GEI al 2030 prevé que el Parque automotor del grupo B (Cochabamba-Tarija-Chuquisaca) que utiliza gasolina genere 2,1 Millones de tCO_{2-eq}, seguidos de 2 Millones tCO_{2-eq} provenientes de vehículos a diésel y 0,8 Millones de tCO_{2-eq} de vehículos a gas natural.





Línea de Base de Emisiones - BEy - por tipo de servicio
Parque Automotor - Grupo B: Cochabamba - Tarija - Chuquisaca (tCO₂/año)

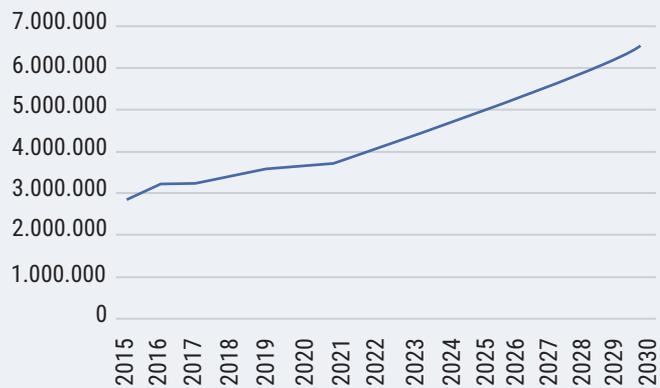


Considerando el tipo de servicio, el mayor aportante es el transporte de carga que representa el 40% de las emisiones, seguido en proporciones similares por el transporte público y el privado o particular.



Grupo C: Santa Cruz – Beni - Pando

Línea de Base Emisiones - BEy
Parque Automotor Grupo C: Santa Cruz - Beni - Pando
(tCO₂/año)



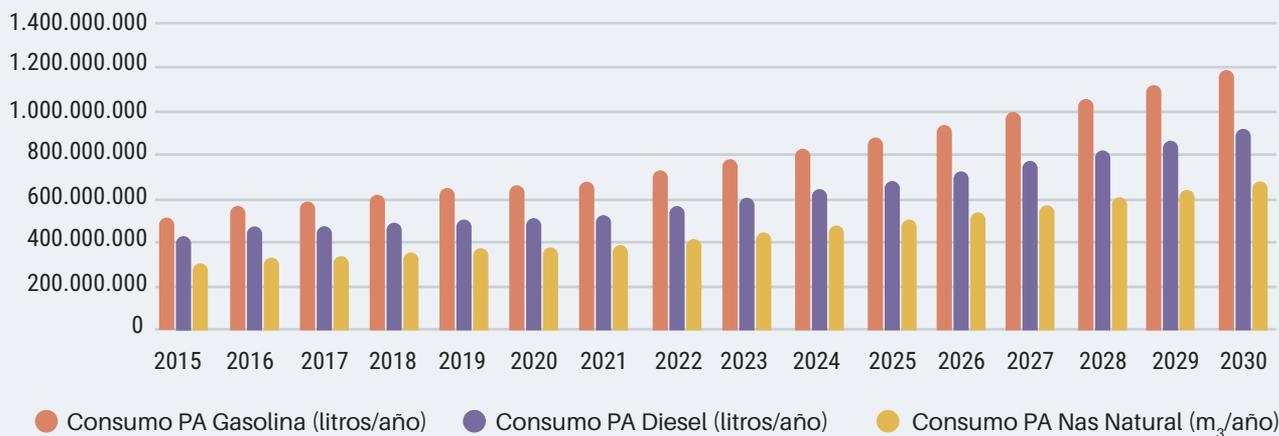
En este grupo las emisiones de GEI pasarían de 3,6 a 6,5 Millones de tCO₂/año en el periodo 2019 a 2030, es decir crecerían un 83% en 11 años, a una tasa de crecimiento anual de 5,6%.



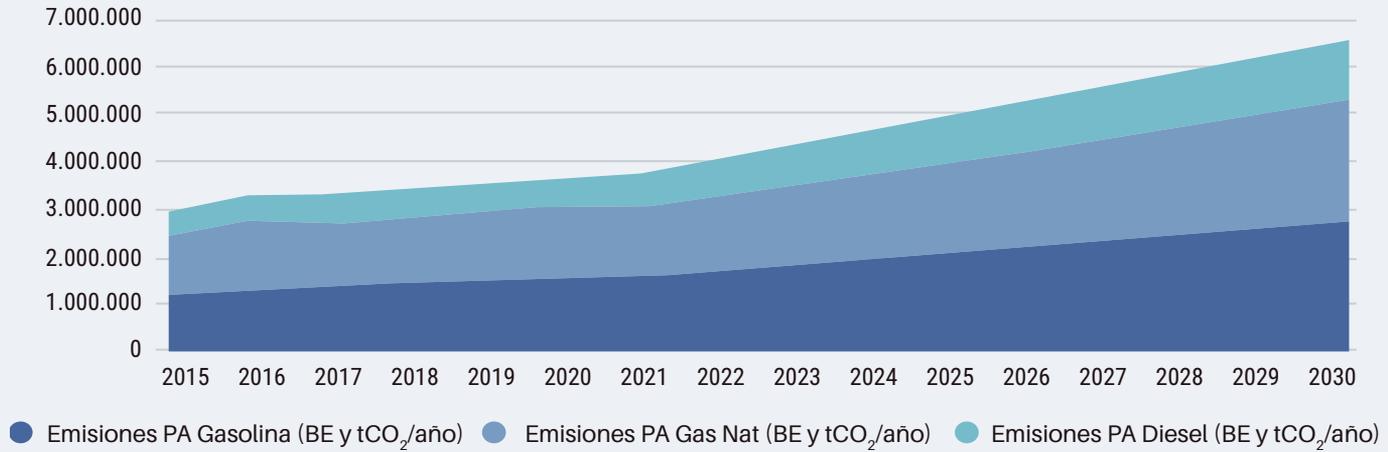
El consumo de combustibles fósiles se incrementaría en un 82% y crecería a la misma tasa de las emisiones de GEI.



Consumo de Combustible Fósil
Parque Automotor - Grupo C: Santa Cruz - Beni - Pando (tCO₂/año)

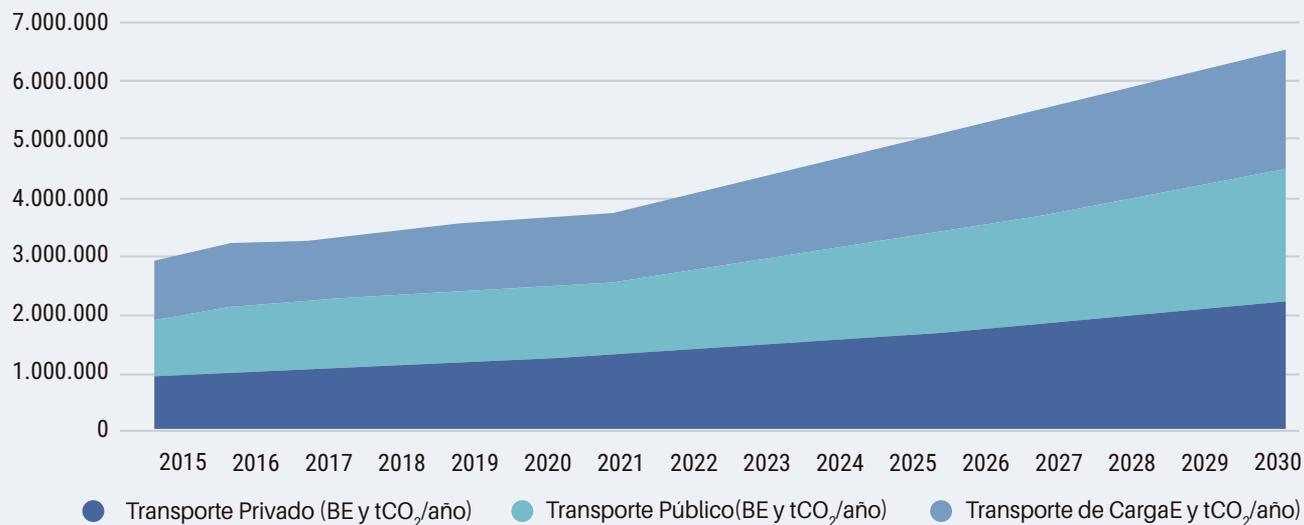


**Línea de Base de Emisiones - BEy - por tipo de combustible
Parque Automotor - Grupo C: Santa Cruz - Beni - Pando (tCO₂/año)**



De acuerdo al tipo de combustible, la proyección de emisiones de GEI al 2030 prevé que el Parque automotor que utiliza gasolina genere 2,7 Millones de tCO₂-eq, seguidos de 2,6 Millones de tCO₂-eq provenientes de vehículos a diésel y 1,2 Millones de tCO₂-eq de vehículos a gas natural.

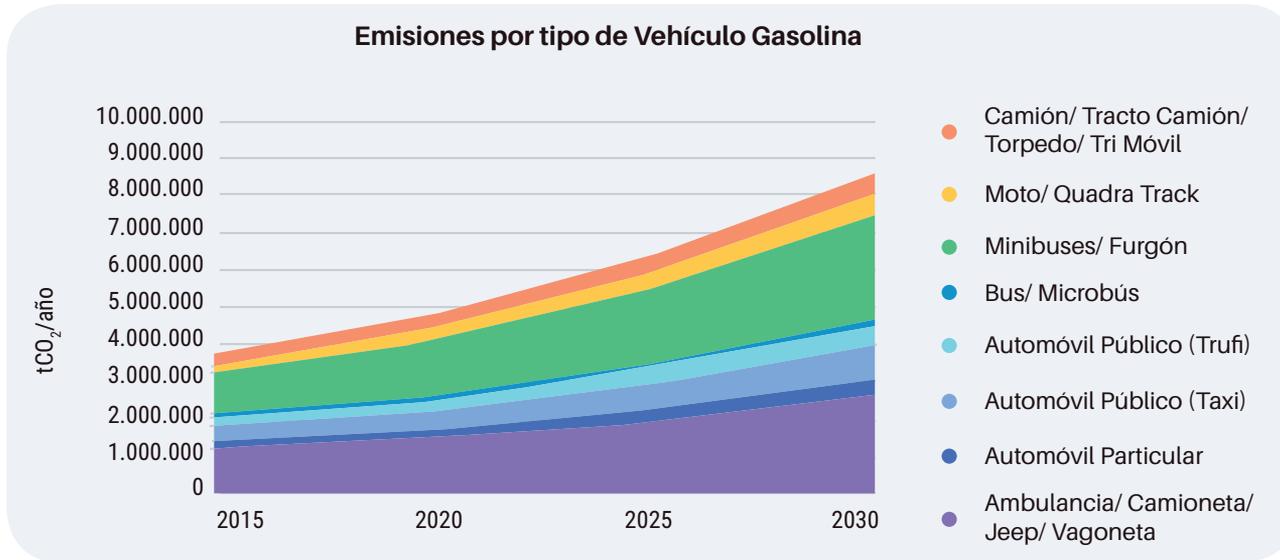
Línea de Base de Emisiones - BEy - por tipo de servicio
Parque Automotor - Grupo B: Cochabamba - Tarija - Chuquisaca (tCO₂/año)



Considerando el tipo de servicio, el mayor aportante es el transporte privado o particular de pasajeros el 40% de las emisiones, los otros dos tipos de servicio (público y carga), ambos sectores aportan de manera similar.

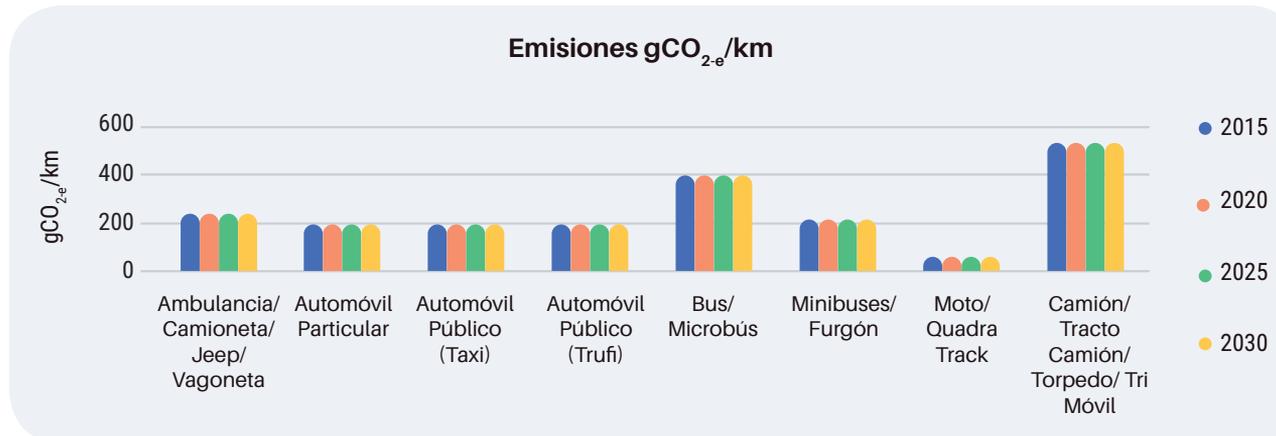


Emisiones unitarias por tipo de combustible (gasolina) y tipo de vehículo



Los mayores emisores

- Camioneta/Vagonetas/Jeep de uso particular (31%)
- Minibuses/Furgón de transporte público (32%)

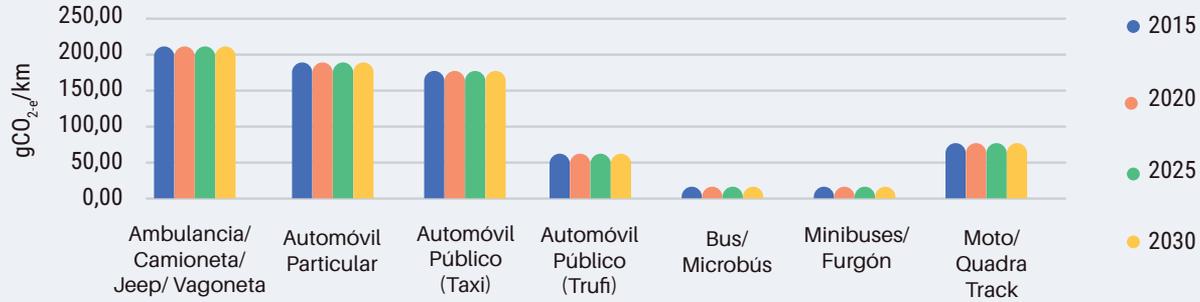


Emisiones gCO_{2-e}/km

- Bus/Microbús= 443 gCO_{2-e}/km
- Resto de vehículos= 240 a 250 gCO_{2-e}/km
- Camioneta/Vagoneta/Jeep= 271 gCO_{2-e}/km
- Motocicleta= 90 gCO_{2-e}/km



Emisiones gCO_{2-e}/km - pasajero



Emisiones gCO_{2-e}/km-pasajero

- Camioneta/Vagoneta/Jeep = 226 gCO_{2-e}/km-pasajero
- Bus/Minibús/Microbús = 25 a 18 gCO_{2-e}/km-pasajero
- Automóvil Particular = 200 gCO_{2-e}/km-pasajero
- Moto = 82 gCO_{2-e}/km-pasajero
- Automóvil Publico Taxi = 189 gCO_{2-e}/km-pasajero



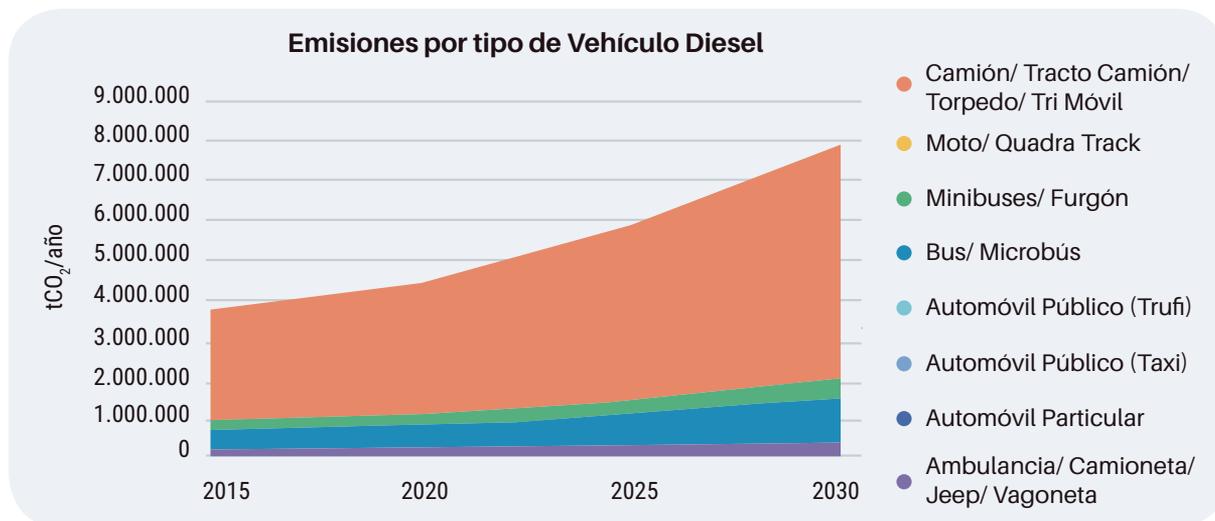
PARA CADA TIPO DE VEHÍCULOS Y CADA TIPO DE COMBUSTIBLE SE CALCULÓ LOS CONSUMOS UNITARIOS

Emisiones PA Gasolina (BE y en tCO ₂ /año)	2015	2020	2025	2030
Ambulancia/Camioneta/Jeep/Vagoneta	1.245.635	1.482.103	1.977.747	2.661.109
Automóvil Particular	182.891	223.361	298.058	401.045
Automóvil Publico (Taxi)	433.660	537.148	716.781	964.447
Automóvil Publico (Trufi)	219.322	268.536	358.340	482.156
Bus/Microbús	96.607	108.978	145.819	196.612
Minibuses/Furgón	1.070.160	1.532.827	2.045.435	2.752.185
Moto/QuadraTrack	214.083	347.105	463.184	623.225
Camión/Tracto Camión/Torpedo/Tri Móvil	282.083	328.759	438.702	590.285
Total	3.744.440	4.828.818	6.444.066	8.671.064

PA Gasolina (gr CO ₂ /km)	2015	2020	2025	2030
Ambulancia/Camioneta/Jeep/Vagoneta	271	272	272	272
Automóvil Particular	240	241	241	241
Automóvil Publico (Taxi)	240	241	241	241
Automóvil Publico (Trufi)	240	241	241	241
Bus/Microbús	443	444	444	444
Minibuses/Furgón	250	251	251	251
Moto/QuadraTrack	90	90	90	90
Camión/Tracto Camión/Torpedo/Tri Móvil	576	577	577	577
Total	242	236	236	236

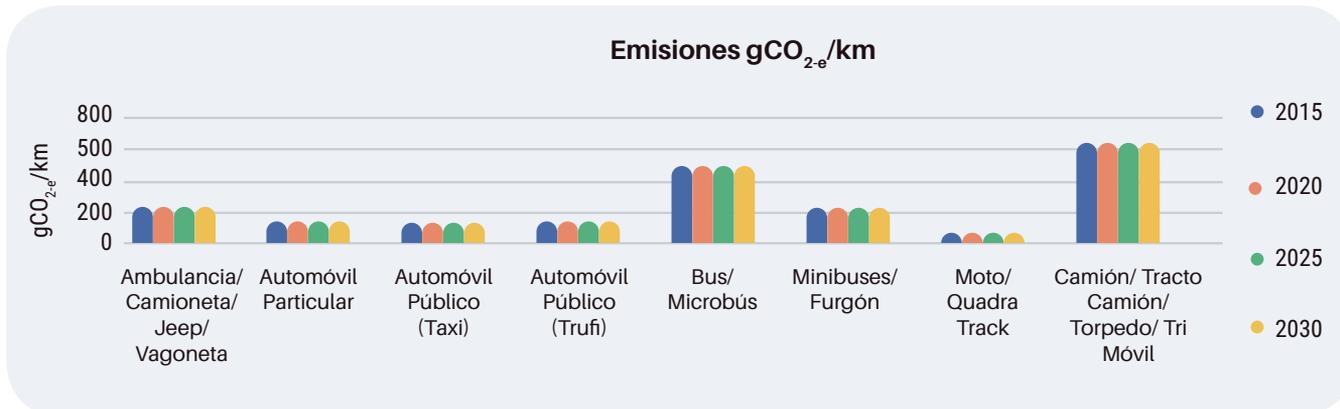
PA Gasolina (gr CO ₂ /km-pasajero) y (grCO ₂ /tn-km)	2015	2020	2025	2030
Ambulancia/Camioneta/Jeep/Vagoneta	225,73	226,41	226,42	226,43
Automóvil Particular	199,87	200,47	200,48	200,49
Automóvil Publico (Taxi)	188,65	189,22	189,23	189,23
Automóvil Publico (Trufi)	66,84	67,04	67,05	67,05
Bus/Microbús	17,88	17,94	17,94	17,94
Minibuses/Furgón	25,10	25,17	25,17	25,17
Moto/QuadraTrack	81,76	82,01	82,01	82,02
Camión/Tracto Camión/Torpedo/Tri Móvil	0,02	0,02	0,02	0,02
PA Gasolina gr CO ₂ /km-pasajero	151,60	142,54	142,54	142,55

EMISIONES UNITARIAS POR TIPO DE COMBUSTIBLE (DIESEL) Y TIPO DE VEHÍCULO



Los mayores emisores

- Camiones (75%)
- Buses/Microbuses transporte público (15%)



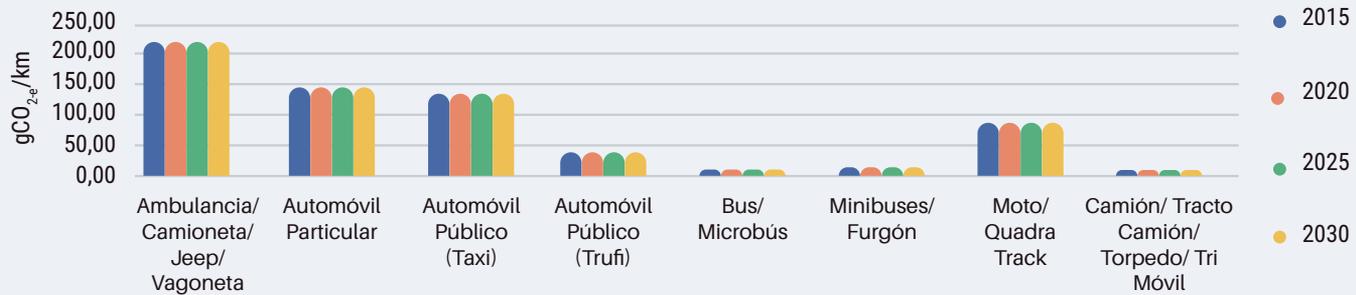


Emisiones gCO_{2-e}/km

- Camión= 687 gCO_{2-e}/km
- Camioneta/Vagoneta y Minibús/Furgón = 280 gCO_{2-e}/km
- Bus/Microbús =539 gCO_{2-e}/km
- Resto vehículos= 187 gCO_{2-e}/km



Emisiones gCO_{2-e}/km - pasajero



Emisiones gCO_{2-e}/km-pasajero o Tn-km

- Camion = 21 gCO_{2-e}/Tn-km
- Camioneta/Vagoneta/Jeep= 237 gCO_{2-e}/km-pasajero
- Bus/Microbús= 22 gCO_{2-e}/km-pasajero



PARA CADA TIPO DE VEHÍCULOS SE CALCULÓ LOS CONSUMOS UNITARIOS

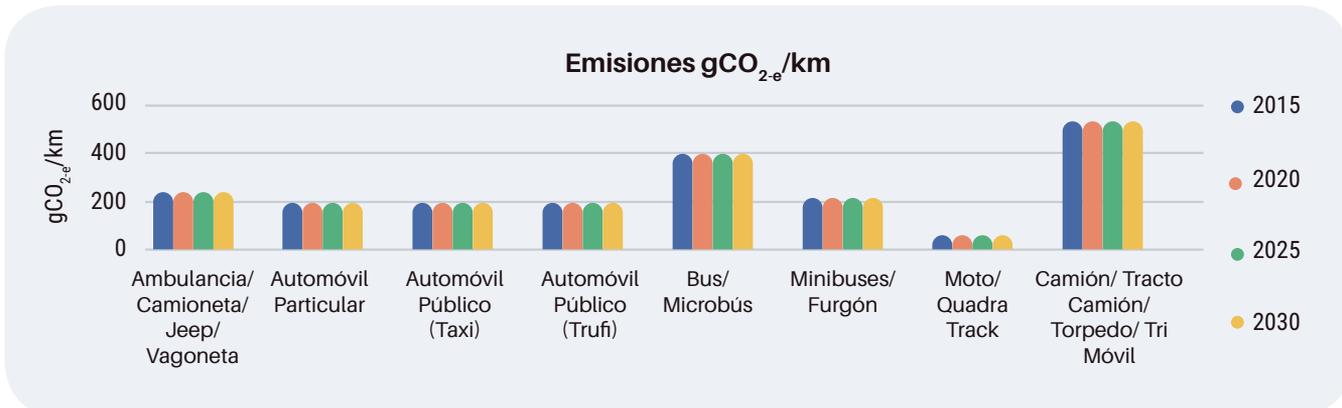
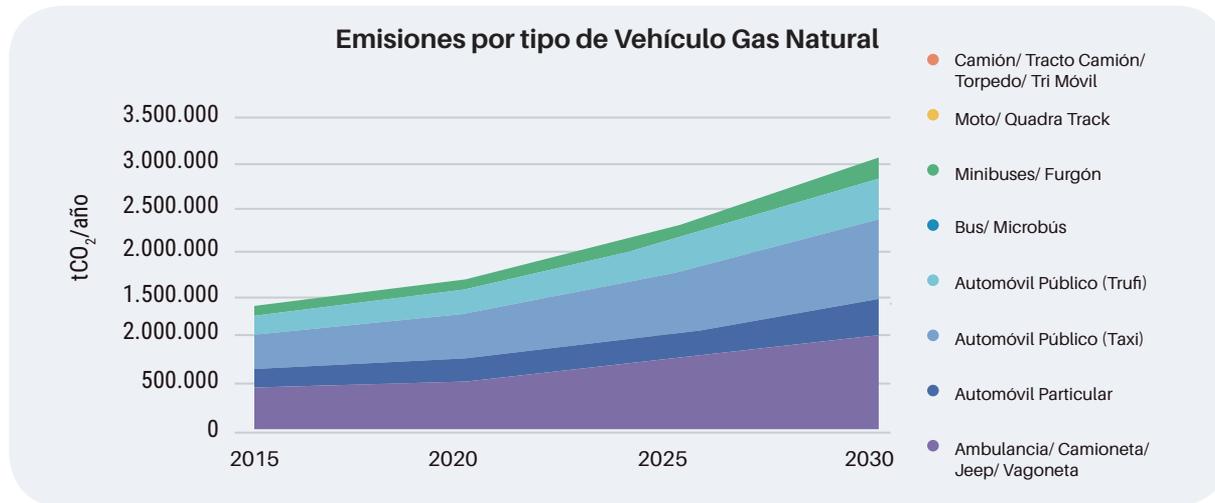
Emisiones PA Diesel (BE y en tCO ₂ /año)	2015	2020	2025	2030
Ambulancia/Camioneta/Jeep/Vagoneta	176.932	210.520	280.922	377.988
Automóvil Particular	3.286	4.013	5.355	7.206
Automóvil Publico (Taxi)	7.792	9.651	12.879	17.329
Automóvil Publico (Trufi)	3.941	4.825	6.439	8.663
Bus/Microbús	566.396	638.927	854.917	1.152.710
Minibuses/Furgón	157.538	225.647	301.108	405.148
Moto/QuadraTrack	11	18	24	33
Camión/Tracto Camión/Torpedo/Tri Móvil	2.839.047	3.308.814	4.415.347	5.940.963
Total	3.762.610	4.412.598	5.887.175	7.920.224

PA Diesel (gr CO ₂ /km)	2015	2020	2025	2030
Ambulancia/Camioneta/Jeep/Vagoneta	280	281	281	281
Automóvil Particular	187	187	187	188
Automóvil Publico (Taxi)	187	187	187	188
Automóvil Publico (Trufi)	187	187	187	188
Bus/Microbús	539	541	541	541
Minibuses/Furgón	280	281	281	281
Moto/QuadraTrack	110	110	110	110
Camión/Tracto Camión/Torpedo/Tri Móvil	687	689	689	689
Total	582	577	577	577

PA Diesel (gr CO ₂ /km-pasajero) y (grCO ₂ /tn-km)	2015	2020	2025	2030
Ambulancia/Camioneta/Jeep/Vagoneta	233,66	234,36	234,37	234,38
Automóvil Particular	155,77	156,24	156,25	156,26
Automóvil Publico (Taxi)	147,03	147,47	147,48	147,49
Automóvil Publico (Trufi)	52,10	52,25	52,26	52,26
Bus/Microbús	21,78	21,84	21,84	21,84
Minibuses/Furgón	28,12	28,20	28,20	28,20
Moto/QuadraTrack	99,57	99,87	99,88	99,88
Camión/Tracto Camión/Torpedo/Tri Móvil	21,02	21,31	21,31	21,31
PA Diesel gr CO ₂ /km-pasajero	144,75	143,34	145,95	148,03
PA Diesel gr CO ₂ /km-tn	21,02	21,31	21,31	21,31



EMISIONES UNITARIAS POR TIPO DE COMBUSTIBLE (GAS NATURAL) Y TIPO DE VEHÍCULO

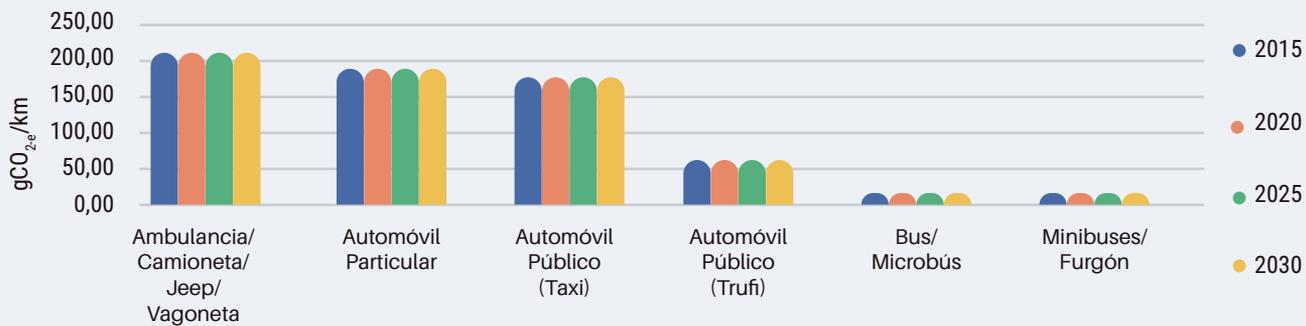


Emisiones gCO_{2-e}/km

- Bus/Microbús= 347 gCO_{2-e}/km
- Minibuses/Furgón = 196 gCO_{2-e}/km
- Camioneta/Vagoneta= 213 gCO_{2-e}/km



Emisiones gCO_{2-e}/km - pasajero



Emisiones gCO_{2-e}/km-pasajero o Tn-km

- Camioneta/Vagoneta/Jeep= 177 gCO_{2-e}/km-pasajero
- Minibuses/Furgón =19,6 gCO_{2-e}/km-pasajero
- Automóvil Particular = 157 gCO_{2-e}/km-pasajero
- Bus/Microbús= 14 gCO_{2-e}/km-pasajero



PARA CADA TIPO DE VEHÍCULOS SE CALCULÓ LOS CONSUMOS UNITARIOS

Emisiones PA Gas Nat. (BE y en tCO ₂ /año)	2015	2020	2025	2030
Ambulancia/Camioneta/Jeep/Vagoneta	510.207	607.063	810.077	1.089.980
Automóvil Particular	173.083	211.383	282.074	379.538
Automóvil Publico (Taxi)	410.404	508.342	678.342	912.727
Automóvil Publico (Trufi)	207.560	254.136	339.123	456.299
Bus/Microbús	4.031	4.548	6.085	8.204
Minibuses/Furgón	90.004	128.916	172.029	231.469
Moto/QuadraTrack	42	68	91	122
Camión/Tracto Camión/Torpedo/Tri Móvil	3.123	3.640	4.857	6.535
Total	1.398.454	1.718.096	2.292.679	3.084.875

PA GNV (gr CO ₂ /km)	2015	2020	2025	2030
Ambulancia/Camioneta/Jeep/Vagoneta	213	213	213	213
Automóvil Particular	188	189	189	189
Automóvil Publico (Taxi)	188	189	189	189
Automóvil Publico (Trufi)	188	189	189	189
Bus/Microbús	347	348	348	348
Minibuses/Furgón	196	197	197	197
Moto/QuadraTrack	71	71	71	71
Camión/Tracto Camión/Torpedo/Tri Móvil	452	453	453	453
Total	197	198	198	198

PA GNV (gr CO ₂ /km-pasajero) y (grCO ₂ /tn-km)	2015	2020	2025	2030
Ambulancia/Camioneta/Jeep/Vagoneta	177,10	177,63	177,64	177,65
Automóvil Particular	156,81	157,28	157,28	157,29
Automóvil Publico (Taxi)	148,01	148,45	148,46	148,46
Automóvil Publico (Trufi)	52,44	52,60	52,60	52,60
Bus/Microbús	14,03	14,07	14,07	14,07
Minibuses/Furgón	19,69	19,75	19,75	19,75
Moto/QuadraTrack	64,15	64,34	64,34	64,35
Camión/Tracto Camión/Torpedo/Tri Móvil	13,81	14,00	14,00	14,00
PA GNV gr CO ₂ /km-pasajero	158,17	157,80	157,81	157,82

¿CUÁL ES LA LÍNEA BASE DE EMISIONES DE GEI DEL PARQUE AUTOMOTOR EN BOLIVIA?

Línea de Base de Emisiones y Consumo de Combustible Total Bolivia

Línea de Base Emisiones - BEy Parque Automotor Bolivia



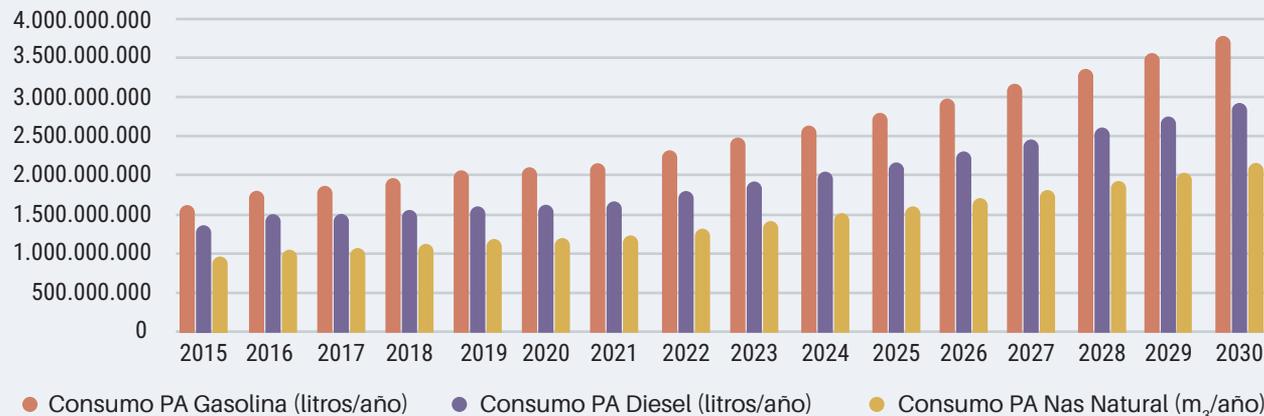
En términos totales, en Bolivia las emisiones de GEI pasarían de 10,8 a 19,7 Millones de tCO₂/año en el periodo 2019 a 2030, es decir crecerían un 83% en 11 años, a una tasa de crecimiento anual de 5,6 %.



El consumo de combustibles fósiles se incrementaría en un 83% y crecería a la misma tasa de las emisiones de GEI.

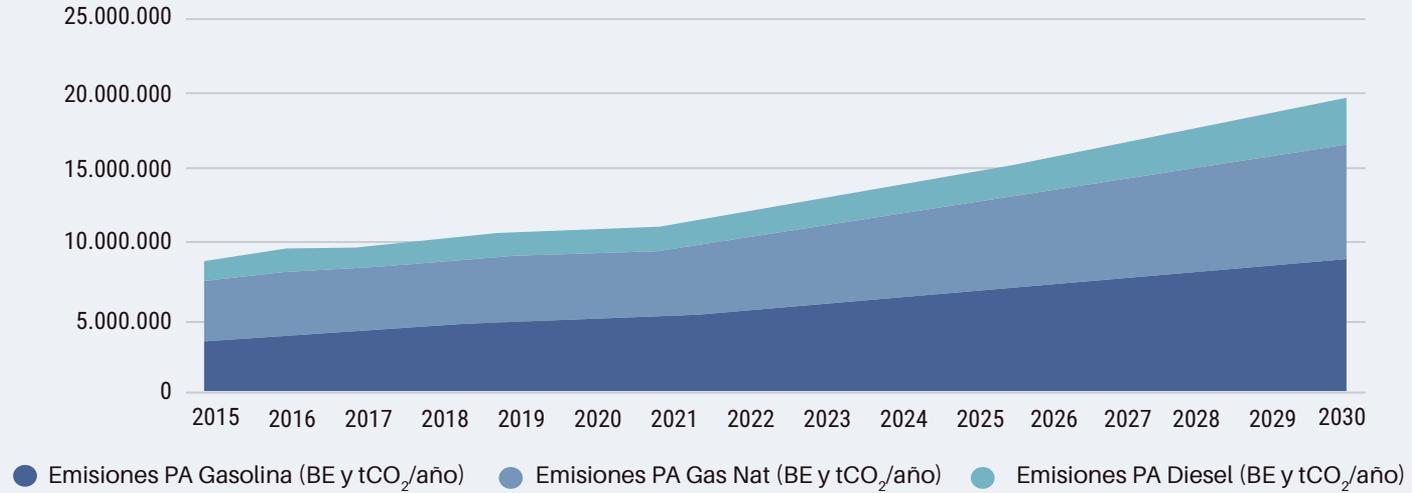


Consumo de Combustible Fósil Parque Automotor Bolivia





Línea de Base de Emisiones - BEy - por tipo de combustible Parque Automotor Bolivia (tCO₂/año)

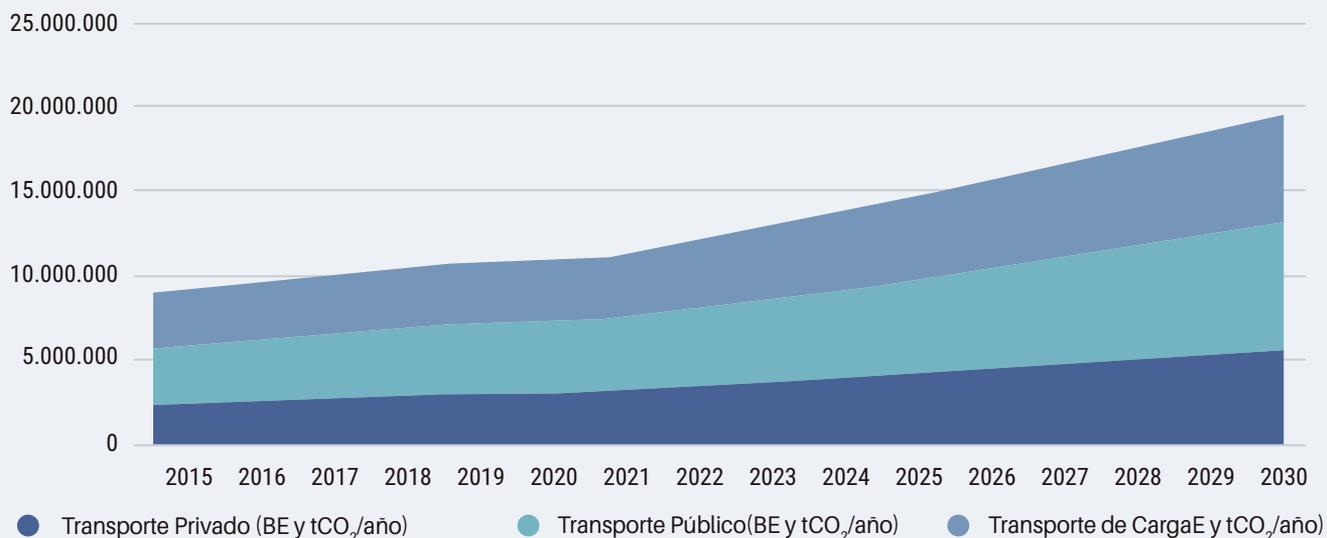


De acuerdo al tipo de combustible, la proyección de emisiones de GEI al 2030 prevé que el Parque Automotor que utiliza gasolina genere 8,7 Millones de tCO_{2-eq}, seguidos de 7,9 Millones de tCO_{2-eq} provenientes de vehículos a diésel y 3,1 Millones de tCO_{2-eq} de vehículos a gas natural.





Línea de Base de Emisiones - BEy - por tipo de servicio Parque Automotor -Bolivia (tCO₂/año)

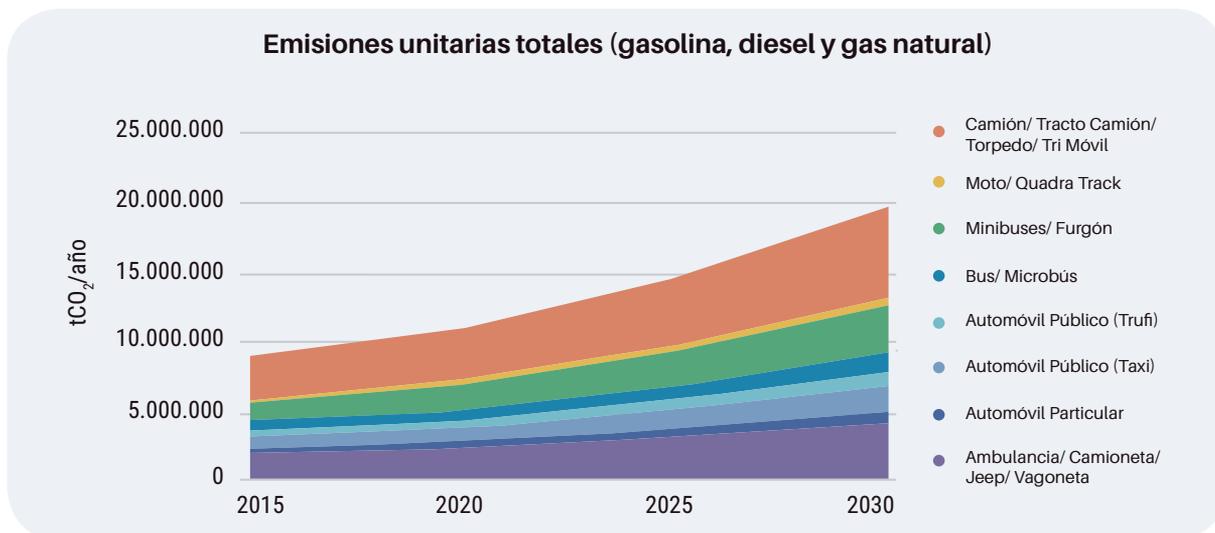


La clase de vehículos que más emisiones de GEI aporta son el transporte de carga en camiones y el transporte privado o particular de pasajeros.

A su vez, considerando el tipo de servicio, el mayor aportante igualmente es el transporte público de pasajeros que aporta el 39% de las emisiones, seguido por el transporte de carga con el 33% y con el restante el servicio público.

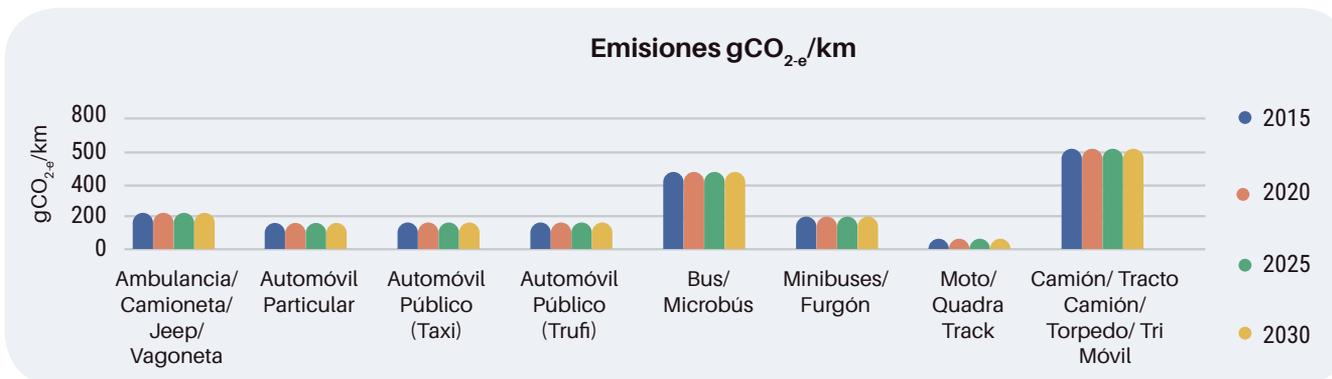


EMISIONES UNITARIAS TOTALES (GASOLINA, DIESEL Y GAS NATURAL)



Los mayores emisores

- Camiones (35%)
- Minibús/Furgón transporte público (17%)
- Camioneta/Vagoneta/Jeep (22%)

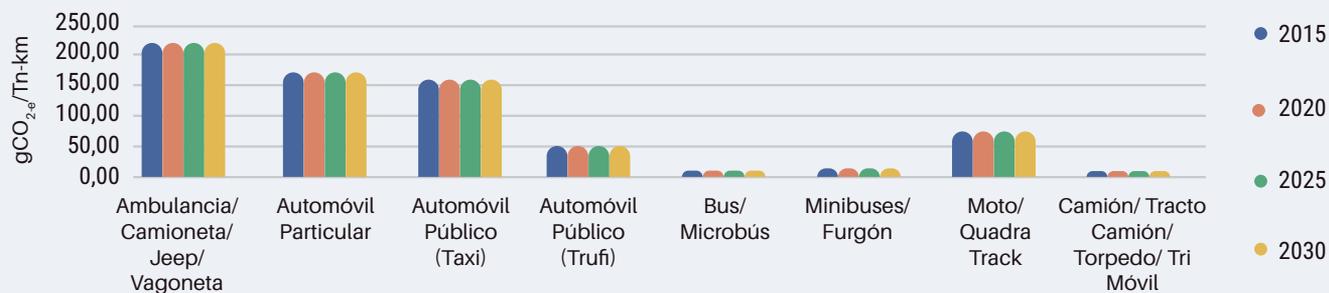


Emisiones gCO_{2-e}/km

- Camión= 677 gCO_{2-e}/km
- Camioneta/Vagoneta= 254 gCO_{2-e}/km
- Bus/Microbús= 523 gCO_{2-e}/km
- Minibús/Furgón= 250 gCO_{2-e}/km



Emisiones gCO_{2-e}/km - pasajero - gCO_{2-e}/Tn-km



Emisiones gCO_{2-e}/km-pasajero o Tn-km

- Camión = 21 gCO_{2-e}/Tn-km
- Camioneta/Vagoneta/Jeep= 212 gCO_{2-e}/km-pasajero
- Bus/Microbús= 21 gCO_{2-e}/km-pasajero
- Minibús/Furgón= 25 gCO_{2-e}/km-pasajero
- Moto-Quadra Track = 82 gCO_{2-e}/km-pasajero



INDICADORES UNITARIOS DE LÍNEA DE BASE A NIVEL BOLIVIA

Línea de Base (BE y tCO ₂ /año)	2015	2020	2025	2030
Ambulancia/Camioneta/Jeep/Vagoneta	1.932.774	2.299.686	3.068.747	4.129.077
Automóvil Particular	359.259	438.758	585.487	787.788
Automóvil Publico (Taxi)	851.856	1.055.142	1.408.002	1.894.503
Automóvil Publico (Trufi)	430.822	527.497	703.902	947.119
Bus/Microbús	667.035	752.453	1.006.821	1.357.527
Minibuses/Furgón	1.317.702	1.887.391	2.518.572	3.388.803
Moto/QuadraTrack	214.136	347.191	463.299	623.380
Camión/Tracto Camión/Torpedo/Tri Móvil	3.124.254	3.641.213	4.858.906	6.537.782
Total	8.905.505	10.959.513	14.623.919	19.676.162

Bajo las condiciones actuales del PA, la proyección muestra que al año 2030 crecería un 82%, pasando de 2 millones (2019) a 3,7 millones.

La proyección de emisiones de GEI prevista es proporcional al crecimiento del PA por la fuerte dependencia de combustibles fósiles con un incremento de 8.905.505 tCO_{2-eq}/año a 19.676.162 tCO_{2-eq}/año.



PA Bolivia (gr CO ₂ /km-pasajero) y (grCO ₂ /km-tn)	2015	2020	2025	2030
Ambulancia/Camioneta/Jeep/Vagoneta	211	212	212	212
Automóvil Particular	176	177	177	177
Automóvil Publico (Taxi)	166	167	167	167
Automóvil Publico (Trufi)	59	59	59	59
Bus/Microbús	21	21	21	21
Minibuses/Furgón	25	25	25	25
Moto/QuadraTrack	82	82	82	82
Camión/Tracto Camión/Torpedo/Tri Móvil	21	21	21	21
PA Bolivia gr CO ₂ /km-pasajero	154	147	147	147
PA Bolivia gr CO ₂ /km-tn	21	21	21	21

En el siguiente cuadro se puede ver como bajo las condiciones actuales de transporte, un pasajero que se transporta en vehículo particular emite entre 176 a 211 g de CO_{2-eq}/Km, mientras que aquellos pasajeros que se transportan en buses de transporte público emiten 22 g de CO_{2-eq}/Km, 10 veces menos.



PA Bolivia (gr CO ₂ /km)	2015	2020	2025	2030
Ambulancia/Camioneta/Jeep/Vagoneta	253	254	254	254
Automóvil Particular	211	212	212	212
Automóvil Publico (Taxi)	211	212	212	212
Automóvil Publico (Trufi)	211	212	212	212
Bus/Microbús	521	523	523	523
Minibuses/Furgón	249	250	250	250
Moto/QuadraTrack	90	90	90	90
Camión/Tracto Camión/Torpedo/Tri Móvil	675	677	677	677
Total	307	298	298	298

El PA destinado al transporte de carga tiene una fuerte incidencia en las emisiones de GEI aportando con 670 gr CO₂-eq/km.



3.4.2. Reducción de Emisiones de GEI por efecto de introducción de la Electromovilidad en Bolivia

A continuación, se muestran los resultados de reducción de emisiones de GEI en toneladas de Dióxido de Carbono equivalente (tCO₂-e/año) reducido, así como la cantidad de combustible (gasolina, diésel o gas natural) que se evitará como resultado de la introducción de vehículos eléctricos en Bolivia bajo los siguientes escenarios previstos a partir del año 2022.

Buses				
Consumo eléctrico	1,26			kWh/km
Equivalencias de movilidad				
1	Bus elect.	=	1	Bus (Puma Katari)
1	Bus elect.	=	2,7	Microbuses de 26 pasajeros
1	Bus elect.	=	5,3	Minibuses de 11 pasajeros
1	Bus elect.	=	10,7	Trufis de 5 pasajeros

Fuente: Pruebas de Campo Bus 100 % Eléctrico
https://www.miem.gub.uy/sites/default/files/informe_pruebas_bus_electrico_byd.pdf - Transmilenio

Escenario 1: Al 2030 el 25 % de las ventas de vehículos nuevos destinados al transporte público de pasajeros es 100 % eléctrico (escenario 25@30-transporte público).



1 Bus eléctrico llega a reemplazar a 10,7 trufis de 5 pasajeros



Introducción Buses Eléctricos (% del crecimiento)	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
La Paz	0,0%	5,0%	7,5%	10,0%	12,5%	15,0%	17,5%	20,0%	22,5%	25,0%
Cochabamba	0,0%	5,0%	7,5%	10,0%	12,5%	15,0%	17,5%	20,0%	22,5%	25,0%
Santa Cruz	0,0%	5,0%	7,5%	10,0%	12,5%	15,0%	17,5%	20,0%	22,5%	25,0%

Se asume que al año 2030, el 25% del crecimiento de PA de servicio público usara como combustible la electricidad. Inicia con un 5% el año 2022, con un incremento anual de 2.5%.

Buses Eléctricos a Introducir por año	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
La Paz										
Buses Eléctricos por Microbuses	0	2	3	3	4	6	7	8	10	11
Buses Eléctricos por Minibuses	0	62	95	126	165	208	255	307	362	422
Cochabamba										
Buses Eléctricos por Microbuses	0	6	10	13	17	21	26	31	36	42
Buses Eléctricos por Minibuses	0	8	13	17	22	28	34	41	48	56
Santa Cruz										
Buses Eléctricos por Microbuses	0	14	22	29	38	48	58	70	83	97
Buses Eléctricos por Minibuses	0	1	2	2	3	3	4	5	6	7
Total Buses a introducir	0	94	143	189	249	314	384	461	545	636

En el escenario propuesto se tiene previsto que al año 2030 se tendrá en circulación una flota de 532 buses eléctricos.



Unidades a combustible fósil reemplazadas por Bus eléctrico por año

La Paz - Oruro - Potosi										
Bus/Microbús (Diesel)	0	4	7	9	12	15	18	22	26	30
Minibuses/Furgón (Gasolina)	0	331	505	667	876	1.105	1.354	1.625	1.920	2.239
Cochabamba-Tarija-Chuquisaca										
Bus/Microbús (Diesel)	0	17	26	34	45	56	69	83	98	114
Minibuses/Furgón (Gasolina)	0	44	67	89	116	147	180	216	255	297
Santa Cruz-Beni-Pando										
Bus/Microbús (Diesel)	0	39	59	78	102	129	158	190	224	261
Minibuses/Furgón (Gasolina)	0	5	8	11	14	18	22	27	31	37

En este escenario, la introducción de buses eléctricos evitará que nuevas de unidades buses, microbuses, minibuses y furgones a combustible, se incorporen al PA de estas ciudades.

El consumo de combustible fósil evitado sería de 350 y 119 Millones de litros de gasolina y diésel respectivamente.

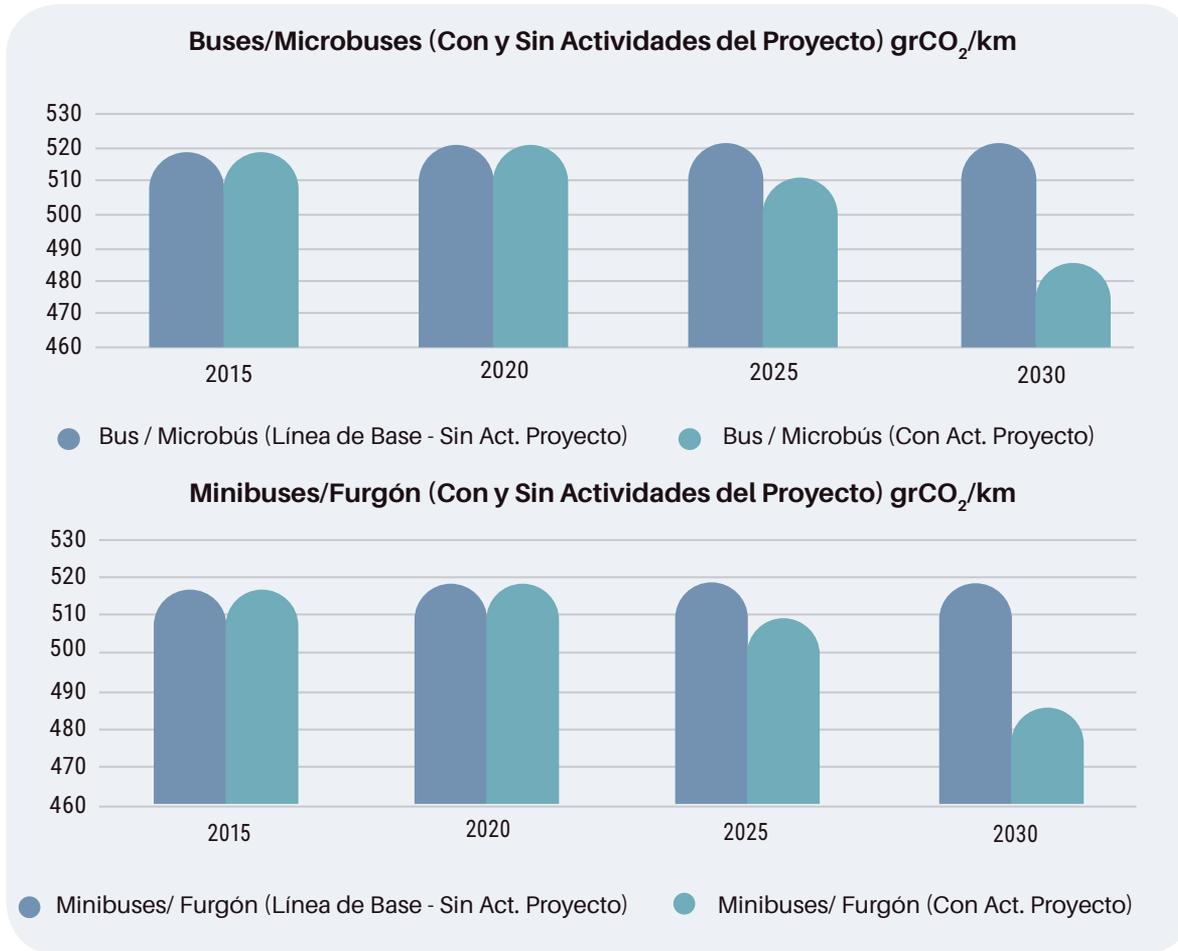
El incremento de consumo de electricidad alcanzaría a 717 GWh para el periodo 2022-2030.



La reducción de emisiones alcanzaría a 950.073 tCO₂-eq para el periodo 2022-2030



Reducción de Emisiones Escenario 1: grCO₂/km, con y sin actividades del proyecto de introducción de movilidad eléctrica



- En términos unitarios podemos concluir que para el transporte de buses/microbuses tendríamos una reducción de 36 grCO₂/km y para minibuses/furgón sería de 17 grCO₂/km, el año 2030.

- En términos de grCO₂/pasajero-km, la reducción el año 2030 alcanzaría a 1,47 en buses/microbuses y 1,69 en minibuses/furgón.



Escenario 2: Al 2030 el 25 % de las ventas de camiones nuevos destinados al transporte de carga es 100 % eléctrico (escenario 25@30-camiones).

Tecnología a utilizar	100% Eléctrico
Año de inicio de la introducción de Movilidad Eléctrica	2022

Camiones				
Consumo eléctrico	1,26			kWh/km
Equivalencias de movilidad				
1	Camión Elect.	=	1	Camión Comb. Fósil

Fuente: Pruebas de Campo Bus 100 % Eléctrico Montevideo, Uruguay Noviembre / Diciembre 2013
https://www.miem.gub.uy/sites/default/files/informe_pruebas_bus_electrico_byd.pdf



Introducción Camiones Eléctricos (% del crecimiento)										
La Paz - Oruro - Potosi	0%	5,0%	7,5%	10,0%	12,5%	15,0%	17,5%	20,0%	22,5%	25,0%
Cochabamba-Tarija-Chuquisaca	0%	5,0%	7,5%	10,0%	12,5%	15,0%	17,5%	20,0%	22,5%	25,0%
Santa Cruz-Beni-Pando	0%	5,0%	7,5%	10,0%	12,5%	15,0%	17,5%	20,0%	22,5%	25,0%

Se asume el escenario de que el año 2030, el 25% del crecimiento de PA de servicio de transporte de carga usara como combustible la electricidad. Inicia con un 5% el año 2020, con un incremento anual de 2.5%.



Camiones Eléctricos a Introducir										
La Paz - Oruro - Potosi	0	214	326	431	567	715	875	1.051	1.241	1.448
Cochabamba-Tarija-Chuquisaca	0	211	322	425	559	704	863	1.036	1.224	1.427
Santa Cruz-Beni-Pando	0	172	263	347	456	575	704	846	999	1.165
Total camiones electricos a introducir	0	597	911	1.204	1.581	1.994	2.443	2.932	3.464	4.041

En el escenario propuesto se tiene previsto que al año 2030 se tendrá en circulación 4.041 camiones eléctricos en Bolivia.

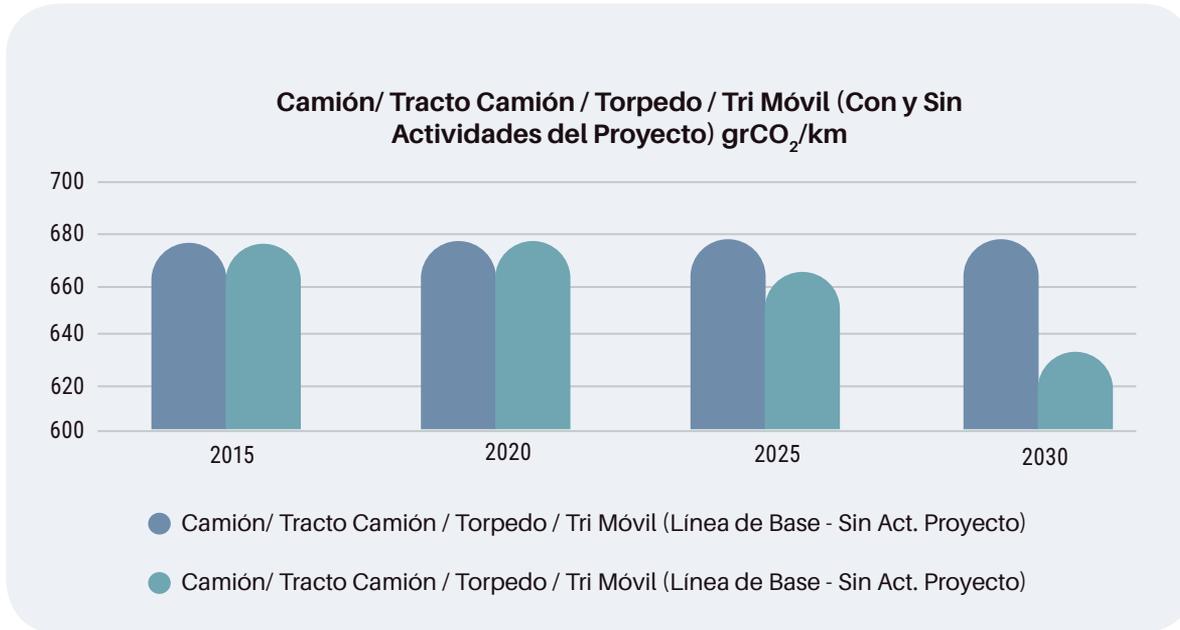
Camiones a combustible fosil a reducir										
La Paz - Oruro - Potosi	0	214	326	431	567	715	875	1.051	1.241	1.448
Cochabamba-Tarija-Chuquisaca	0	211	322	425	559	704	863	1.036	1.224	1.427
Santa Cruz-Beni-Pando	0	172	263	347	456	575	704	846	999	1.165
Total Buses a interducir	0	597	911	1.204	1.581	1.994	2.443	2.932	3.464	4.041

La introducción de camiones eléctricos evitará al año 2030 que 4.041 camiones a combustible fósil se incorporen al PA.

El consumo de combustible fósil (diésel) evitado sería de 581 Millones de litros de diésel.
 El incremento de consumo de electricidad alcanzaría a 2.979 GWh para el periodo 2022-2030.



Reducción de Emisiones Escenario 2: grCO₂/km, con y sin actividades del proyecto de introducción de movilidad eléctrica-Camiones



La reducción de emisiones alcanzaría a 842.040 tCO_{2-eq} para el periodo 2022-2030

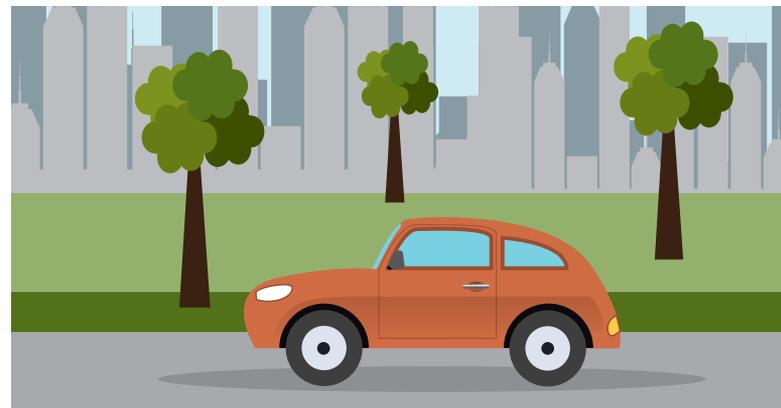


Escenario 3: Al 2030 el 25 % de las ventas de automóviles nuevos destinados al transporte público y privado de pasajeros es 100 % eléctrico (escenario 25@30-automóviles).

Tecnología a utilizar	100% Eléctrico
Año de inicio de la introducción de Movilidad Eléctrica	2022

Automóviles				
Consumo eléctrico	0,23			kWh/km
Equivalencias de movilidad				
1	Auto Elect.	=	1	Auto Comb. Fósil

Fuente: Pruebas de Campo Bus 100 % Eléctrico
https://www.miem.gub.uy/sites/default/files/informe_pruebas_bus_electrico_byd.pdf



Introducción Automoviles Eléctricos (% del crecimiento)										
La Paz - Oruro - Potosi	0,0%	5,0%	7,5%	10,0%	12,5%	15,0%	17,5%	20,0%	22,5%	25,0%
Cochabamba-Tarija-Chuquisaca	0,0%	5,0%	7,5%	10,0%	12,5%	15,0%	17,5%	20,0%	22,5%	25,0%
Santa Cruz-Beni-Pando	0,0%	5,0%	7,5%	10,0%	12,5%	15,0%	17,5%	20,0%	22,5%	25,0%

Se asume el escenario que el año 2030, el 25% del crecimiento de PA de servicio público usara como combustible la electricidad. Inicia con un 5% el año 2020, con un incremento anual de 2.5%.

Automóviles Eléctricos a Introducir	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
La Paz - Oruro - Potosi	0	447	681	900	1.182	1.491	1.826	2.192	2.590	3.021
Cochabamba-Tarija-Chuquisaca	0	424	646	854	1.122	1.415	1.733	2.080	2.458	2.867
Santa Cruz-Beni-Pando	0	427	651	861	1.131	1.426	1.748	2.098	2.478	2.891
Total Buses a introducir	0	1.298	1.978	2.615	3.436	4.332	5.307	6.370	7.526	8.779

En el escenario propuesto se tiene previsto que al año 2030 se tendrá en circulación 8.779 automóviles eléctricos.

Unidades a combustible fósil reemplazadas por automoviles eléctricos										
La Paz - Oruro - Potosi										
Automóvil Particular	0	89	136	180	236	298	365	438	518	604
Automóvil Publico (Taxi)	0	134	204	270	355	447	548	658	777	906
Automóvil Publico (Trufi)	0	223	340	450	591	745	913	1.096	1.295	1.511
Total Automoviles Electricos	0	447	681	900	1.182	1.491	1.826	2.192	2.590	3.021
Cochabamba-Tarija-Chuquisaca										
Automóvil Particular	0	85	129	171	224	283	347	416	492	573
Automóvil Publico (Taxi)	0	127	194	256	337	424	520	624	737	860
Automóvil Publico (Trufi)	0	212	323	427	561	707	867	1.040	1.229	1.434
Total Automoviles Electricos	0	424	646	854	1.122	1.415	1.733	2.080	2.458	2.867
Santa Cruz-Beni-Pando										
Automóvil Particular	0	85	130	172	226	285	350	420	496	578
Automóvil Publico (Taxi)	0	128	195	258	339	428	524	629	743	867
Automóvil Publico (Trufi)	0	214	326	431	566	713	874	1.049	1.239	1.445
Total Automoviles Electricos	0	427	651	861	1.131	1.426	1.748	2.098	2.478	2.891
Total general Automoviles Electricos	0	1.298	1.978	2.615	3.436	4.332	5.307	6.370	7.526	8.779

La introducción de automóviles eléctricos evitará al 2030 la incorporación de 8.779 automóviles a combustible fósil en el PA.

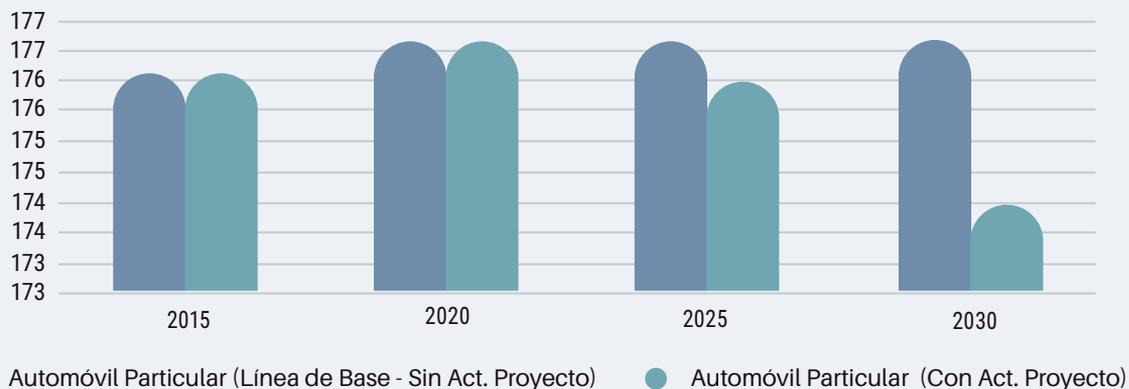
El consumo de combustible fósil evitado sería de 186,3 Millones de litros de gasolina.

El incremento de consumo de electricidad alcanzaría a 1.499 GWh para el periodo 2022-2030.



Proyecto de introducción de movilidad eléctrica-Automóviles.

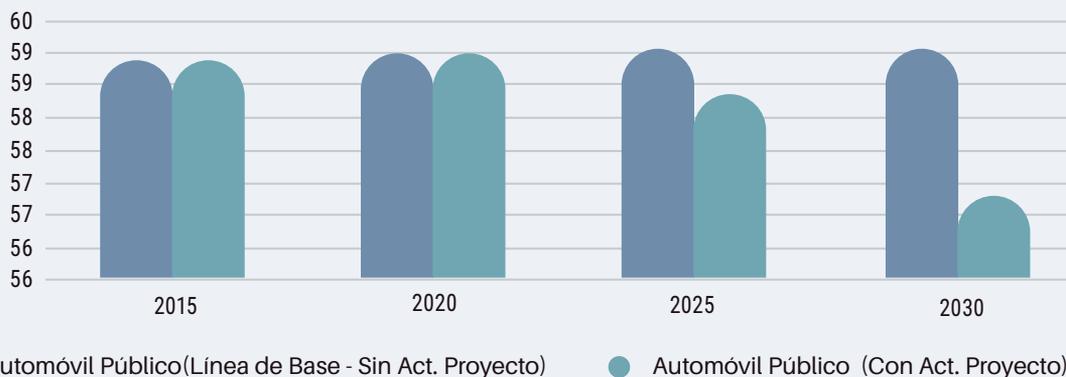
Automóvil Particular (Con y Sin Actividades del Proyecto) grCO₂/km pasajero



En términos unitarios podemos concluir que para el transporte de público y privado de pasajeros en automóviles tendríamos una reducción 16 grCO₂/km, el año 2030, de los cuales 3 corresponderían a uso particular o privado, 5 a uso público taxi y 8 a uso público trufi.



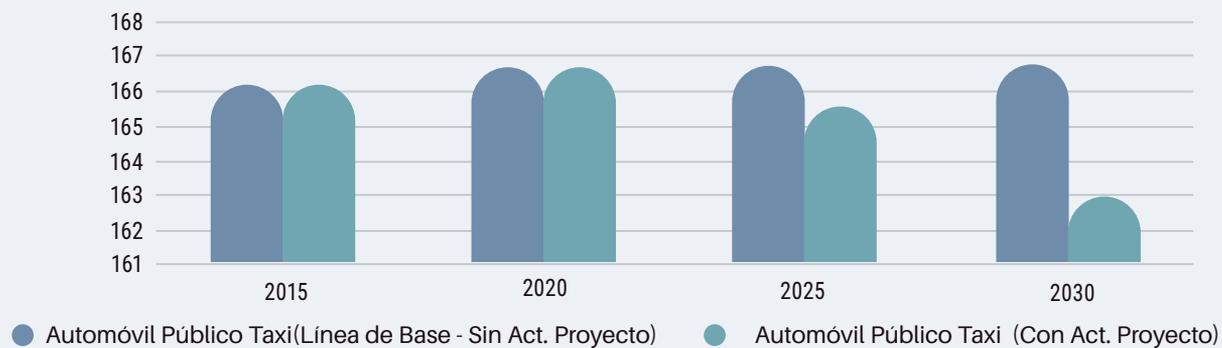
Automóvil Público Trufi (Con y Sin Actividades del Proyecto) grCO₂/km pasajero



La reducción de emisiones alcanzaría a 249.089 tCO_{2-eq} para el periodo 2022-2030



Automóvil Público Taxi (Con y Sin Actividades del Proyecto) grCO₂/km pasajero



3.4.3. Conclusiones

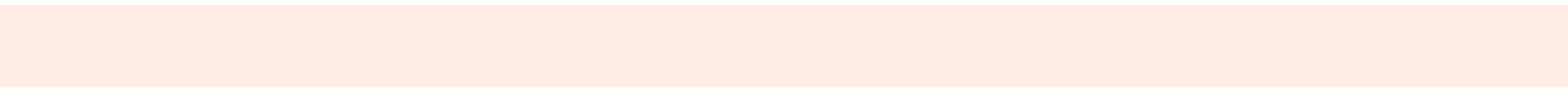
- El 80% del PA está registrado en los departamentos de La Paz, Cochabamba y Santa Cruz, en su mayoría formado por vagonetas, automóviles, camionetas y motocicletas, resalta el crecimiento de las motocicletas, las cuales pasaron 6,3% a 26,7% en 11 años.
 - La proyección del PA muestra que al año 2030 crecería un 82%, es decir a una tasa anual del 5,6%, la cual es consistente con el escenario de crecimiento de la económica previsto⁵ (pasaría de 2 millones a 3,7 millones). Si consideramos el periodo 2009-2019, el PA ha crecido un 122%, pasando de los 906 mil vehículos a más de dos (2) millones de vehículos, su tasa promedio de crecimiento fue del 8.31% anual.
 - El 41,7% del PA tiene menos de 10 años de antigüedad y la cilindrada mayoritaria es de 1.401 a 2500 cc. El 63% de los vehículos utiliza gasolina como combustible, un 24% GNV y el restante diésel.
 - La línea de base de emisiones de GEI muestra un crecimiento desde el 2009 a 2019 fue del 21% a una tasa anual de 5%, paso de 8,9 a 10,8 Millones de tCO₂/año, considerando la proyección realizada (la que consideramos razonable y conservadora), las emisiones de GEI pasarían de 10,8 a 19,7 Millones de tCO₂/año en el periodo 2019 a 2030, es decir crecerían un 83% en 11 años, a una tasa de crecimiento anual de 5,6%.
 - La clase de vehículos que más emisiones de GEI aporta son el transporte de carga en camiones y el transporte privado o particular de pasajeros.
 - El consumo de combustibles fósiles se incrementaría en un 83% y crecería a la misma tasa de las emisiones de GEI.
- Los escenarios de introducción de movilidad eléctrica, corresponde a lo que muchos países están realizando. El inicio sería el año 2022 con un 5% y un incremento de 2,5% anual hasta llegar a meta del 25% el año 2030, del crecimiento del PA según corresponda cada escenario.
 - Escenario 1:** Prevé la introducción de buses eléctricos que reducirían la introducción de nuevos buses, microbuses y minibuses de transporte público, las emisiones reducidas alcanzan a 950.073 tCO₂ para el periodo 2022-2030.

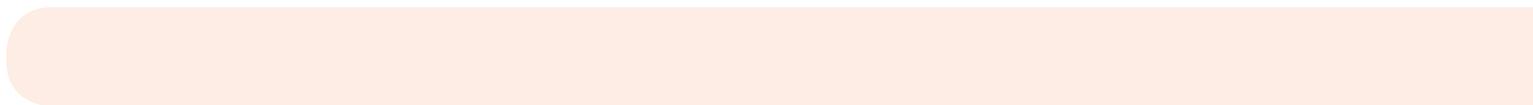
El consumo de combustible fósil evitado sería de 350 y 119 Millones de litros de gasolina y diésel respectivamente. El incremento de consumo de electricidad alcanzaría a 717 GWh para el periodo 2022-2030.
 - Escenario 2:** Prevé la introducción vehículos para transporte de carga (camiones), las emisiones reducidas alcanzan a 842.040 tCO₂ para el periodo 2022-2030.

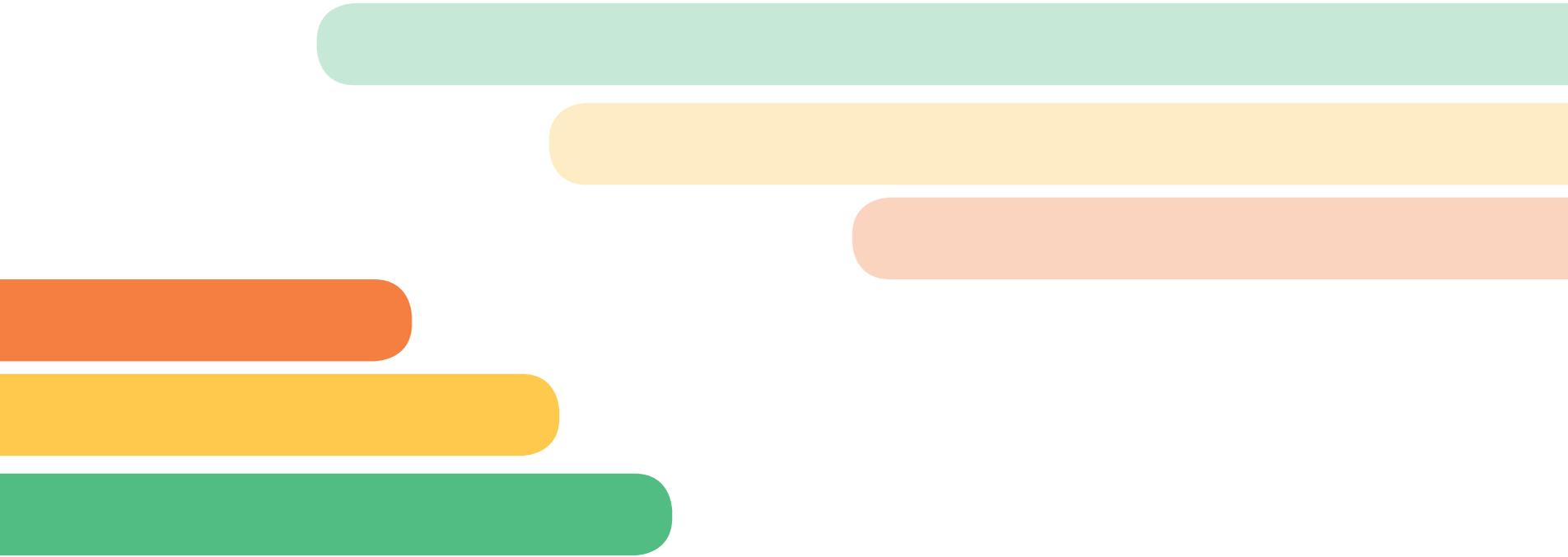
El consumo de combustible fósil (diésel) evitado sería de 581 Millones de litros de diésel. El incremento de consumo de electricidad alcanzaría a 2.979 GWh para el periodo 2022-2030.
 - Escenario 3:** Prevé la introducción de automóviles de servicio público y particular (privado) de pasajeros, las emisiones reducidas alcanzan a 249.089 tCO₂ para el periodo 2022-2030.

El consumo de combustible fósil evitado sería de 144,8 Millones de litros de gasolina respectivamente. El incremento de consumo de electricidad alcanzaría a 318,7 GWh para el periodo 2022-2030.

⁵ El PIB para los años 2020 a 2030 fue estimado a partir de información del Banco Mundial y el Fondo Monetario Internacional.







Implementada por:

giz Deutsche Gesellschaft
für Internationale
Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

Programa de Energías
Renovables - PEERR II