

Artículo científico.

Reducción de emisiones de CO₂ en la ciudad de Cochabamba, por la sustitución de minibuses a diésel por minibuses eléctricos en el transporte urbano

Reduction of CO₂ emissions in the city of Cochabamba, due to the substitution of diesel minibuses for electric minibuses in urban transport

 Abigail Lupe Aguilar Yapura¹  PhD. Miguel Fernández Fuentes²

¹Ing. Petróleo, Gas y Energías. Univalle. Cochabamba. Bolivia. Correo electrónico abita9820@gmail.com

² Asesor en energía y descarbonización. Cochabamba. Bolivia. mfernandezfu@univalle.edu

Citar como: Aguilar Yapura, A. L., & Fernandez Fuentes, M. Reducción de emisiones de CO₂ en la ciudad de Cochabamba, por la sustitución de minibuses a diésel por minibuses eléctricos en el transporte urbano: Reduction of CO₂ emissions in the city of Cochabamba, due to the substitution of diesel minibuses for electric minibuses in urban transport. Journal Boliviano De Ciencias, 19 (Especial). 92-116 <https://doi.org/10.52428/20758944.v19iEspecial.404>

Revisado: 16/06/2023
Aceptado: 29/06/2023
Publicado: 30/06/2023

Declaración: Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses en la publicación de este documento.

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos y condiciones de la Creative Commons. Licencia de atribución (CC BY) (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

Derechos de autor 2022 Abigail Lupe Aguilar Yapura, Miguel Fernández Fuentes



RESUMEN

El presente estudio analiza la posibilidad de reducir las emisiones de CO₂ proveniente del transporte público de la ciudad de Cochabamba, a través de la sustitución parcial de los microbuses a diésel por minibuses eléctricos, debido a que en 2018 un estudio del Programa Municipal de Transporte Cochabamba determinó que el parque automotor es el responsable del 86% de la contaminación ambiental en la ciudad. A través de la revisión bibliográfica se obtuvieron datos actualizados de la matriz energética, del parque automotor en el departamento, de las diferentes tecnologías de electromovilidad que puedan ser fácilmente adaptables a la topografía de Cochabamba y finalmente de los costos operativos de estas movilidades.

Si existiera una política de incentivos y mecanismo de financiamiento para la sustitución de la muestra seleccionada, en función a modelos de microbuses y minibuses del transporte público anteriores al año 2.000 y que utilizan diésel, es decir, 1.766 vehículos, por unidades de electromovilidad, la reducción de emisiones en relación a la totalidad de vehículos del parque automotor público de Cochabamba -17.526 motorizados- sería aproximadamente el 7.36%; la ejecución del proyecto apuntalaría al desarrollo sostenible del autotransporte. Se espera que en los siguientes años el Estado boliviano apoye la sustitución de vehículos a combustión, pues cada día aumenta la contaminación atmosférica, disminuyen las reservas de hidrocarburos y se incrementa la importación de diésel. Las ventajas adicionales para Bolivia son que tiene reservas importantes de Litio a nivel mundial, y a su vez también está impulsando su industrialización para la construcción de sistemas de almacenamiento de energía que son importantes para el desarrollo de la electromovilidad; de esta manera se aportará al cumplimiento de los objetivos del IPCC (Panel Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático), de reducir las emisiones de gases contaminantes y de efecto invernadero en el planeta.

Palabras clave: Gases de Efecto Invernadero. Electromovilidad. transporte urbano. emisión de CO₂. baterías de litio. IPCC. minibuses eléctricos. transición energética.

ABSTRACT

This study analyzes the possibility of reducing CO₂ emissions from public transport in the city of Cochabamba, through the partial replacement of diesel minibuses with electric minibuses, because in 2018 a study by the Cochabamba Municipal Transport Program depletion that the vehicle fleet is responsible for 86% of the environmental pollution in the city. Through the bibliographic review, updated data was obtained on the energy matrix, the vehicle fleet in the department, the different electromobility technologies that can easily adapt to the topography of Cochabamba, and the operating costs of these mobilities.

If there was an incentive policy and financing mechanism for the replacement of the selected sample (minibus models prior to the year 2,000 and that use diesel, 1,766 vehicles) for electric minibus, the reduction of CO₂ emissions calculated over the total of cars in the public transport of Cochabamba (17,526 motorized vehicles), would be of approximately 7.36%.

The execution of the project would underpin the sustainable development of motor transport. It is expected that in the following years, the State will recover the substitution of combustion vehicles since air pollution increases daily and hydrocarbon reserves decrease. An additional advantage for Bolivia is that it has significant lithium reserves, and is promoting its industrialization for the construction of storage systems, contributing at the same time to the global objectives of the IPCC (Intergovernmental Panel of Experts on Climate Change), emitting less polluting gases and the greenhouse effect.

Keywords: Greenhouse Gases. Electromobility. vehicle fleet. CO₂ emission. lithium-ion batteries. IPCC. electric minibuses. energy transition

1. INTRODUCCIÓN

El calentamiento de la Tierra está relacionado con el aumento de la concentración de gases de efecto invernadero (GEI) como consecuencia de la revolución industrial (Nature, 2016). Asimismo, el IPCC (Panel Internacional de Cambio Climático) advirtió que para no sobrepasar el incremento de temperatura en 1.5 grados Celsius, que afectaría de manera irreversible el clima, el sector energético debería bajar al 45% sus emisiones de CO₂ al 2030 y ser completamente neutros en carbono al año 2050.

Para el caso de Bolivia, Fernández F., Fernández V. y Rodríguez C. (2020) mostraron que la transformación de la matriz energética nacional en otra más responsable con el medio ambiente es imprescindible lograr las metas de descarbonización del sector y cumplir las metas del IPCC. El cambio de la matriz energética también responde a los lineamientos establecidos en la Constitución Política del Estado. Si bien no establecieron metas periódicas para esta transformación, en 2016 Bolivia se adhirió al Acuerdo de París, comprometiéndose a reducir las emisiones del sector eléctrico de 0,45 kg/kWh a 0,04 kg/kWh hasta el 2030.

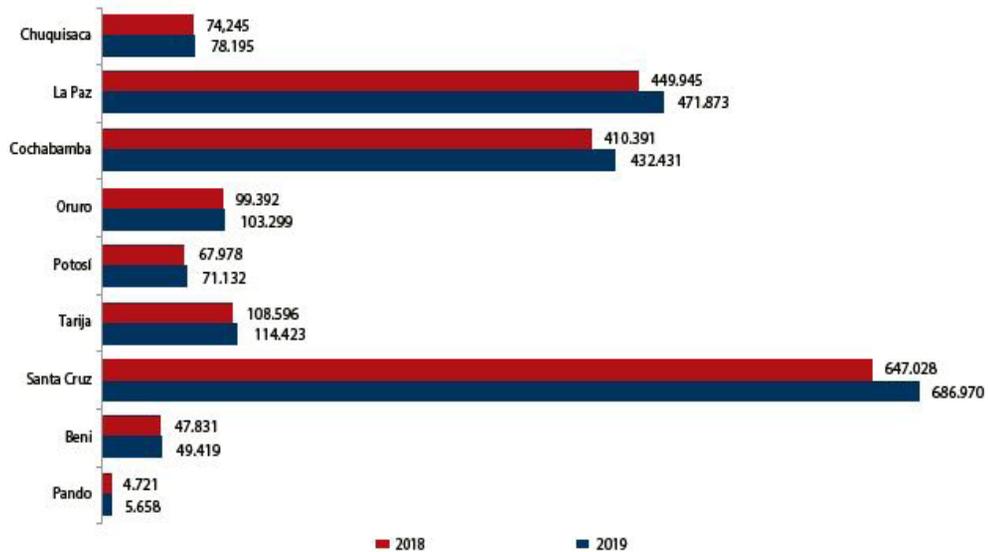
Actualmente, la generación de electricidad proviene 71% del gas natural, 29% de energía hidroeléctrica, 1% de diésel y 1% de otras fuentes renovables (Ministerio de Energías, 2017). La mayor potencia instalada corresponde a las centrales termoeléctricas de gas de ciclo abierto con el 55%, seguida por centrales

hidroeléctricas que tienen el 26%, termoeléctricas de gas de ciclo combinado con el 16% y generadores de biomasa, energía eólica con un 2% y 1% de participación respectivamente. En este contexto el Gobierno Nacional prevé realizar cambios en la matriz eléctrica del país, para llegar al 2025 generando electricidad en un 74% con base en hidroelectricidad, un 4% fuentes renovables (solar, eólica, geotermia, biomasa, etc.) y solo un 22% de combustibles fósiles (Ministerio de Energías, 2017). Finalmente, las emisiones del sector eléctrico y su proyección en un escenario de descarbonización fueron estudiadas por Fernández C. *et al* (2022) mostrando la necesidad de incorporar energías renovables en la matriz energética boliviana.

Al analizar el consumo de combustibles fósiles en Bolivia, se obtiene que el sector del transporte es el mayor consumidor representando hasta el 58% del consumo total de energía del país. Si bien Bolivia es un gran productor de Gas Natural, no produce diésel en cantidades suficientes, por lo que importa grandes volúmenes de este combustible para satisfacer la demanda interna. El Instituto Boliviano de Comercio Exterior (IBCE) en su edición N° 910 del Boletín CIFRAS, 2020 titulado “Bolivia: Importaciones de Diésel” muestra que, entre 2006 y 2019, las importaciones de diésel sumaron 8.677 millones de dólares por la compra de casi 11 millones de toneladas métricas de diésel. En 2019, las compras externas de diésel tuvieron un crecimiento en el valor y el volumen, en términos porcentuales 2% y 3% respectivamente, comparado con el 2018 (IBCE, 2020).

Los motores de combustión interna son la principal fuente de energía mecánica, sin embargo, la combustión de combustibles fósiles genera productos nocivos para la salud, como el dióxido y monóxido de carbono (CO₂ y CO respectivamente), dióxido de azufre (SO₂), óxidos de nitrógeno (NO_x) y diversos materiales particulados (Flores, 2014), y en Bolivia se estima que la quema de 1 litro de diésel emite 2,65 kg de CO₂ y, 2,37 kg de CO₂ por litro de gasolina quemada. En 2015, los vehículos que circulan en Bolivia, según datos de la ANH (Agencia Nacional de Hidrocarburos), consumieron un aproximado diario de 5’014.141 litros de diésel y 3’891.128 litros de gasolina, año en que se registraron un total aproximado de 7’695.781,010 Tn de CO₂ de emisiones de ambos combustibles (ANH, 2015).

En todo caso, el parque automotor continúa creciendo, como se aprecia en la Figura 1, donde al 2019 el parque automotor está conformado por 2’013.400 unidades de las cuales en el eje troncal (La Paz, Cochabamba, y Santa Cruz) se encuentran el 79% de todos los vehículos.



Fuente: Registro Único para la Administración Tributaria Municipal (RUAT)
Instituto Nacional de Estadística

Figura 1. Bolivia: Parque Automotor, Según Departamento, 2018- 2019 (En Número de Vehículos) Fuente: Registro Único para la Administración Tributaria Municipal (RUAT)

En el caso concreto de Cochabamba, el parque automotor es responsable del 86% de la contaminación ambiental y de la mala calidad del aire local en la ciudad (“Estadísticas del Parque Automotor 2005 – 2019”, PROMUT, 2018 del Instituto Nacional de Estadística, 2019). Para la gestión 2019, el parque automotor de Cochabamba estaba compuesto por 378.347 vehículos particulares y 48.963 motorizados del sector público, los cuales generaron alrededor de 1,3 millones de toneladas de CO₂ ese mismo año (Opinión, 2019).

En la Figura 2, se aprecia que, en el transporte público de Cochabamba, de 1.885 microbuses (vehículos del sector público de Cochabamba cuyas dimensiones aproximadas son Longitud = 7 m, Ancho = 2,1 m y la capacidad de pasajeros sentados es de 30), solamente 144 son modelos entre el año 2000 y 2020, es decir que más del 92% de los microbuses tienen una antigüedad de más de 20 años (entre 1969 y 2000). Para el caso de los minibuses (vehículos del sector público de Cochabamba con dimensiones aproximadas de Longitud = 5,5 m, Ancho = 1,9 m y la capacidad de pasajeros sentados es de 18), existen 9.547, de los cuales 2.014 son modelos de 1991 a 2000, 3.344 entre 2000 y 2016 y, 4.189 entre 2016 y 2020. Finalmente, en el caso de los taxitrufis (vehículos del sector público de Cochabamba con dimensiones aproximadas de Longitud = 3,5 m, Ancho = 1,8 m y la capacidad de pasajeros sentados es de 9), operan 6.094 unidades de las cuales el 87% son modelos anteriores al año 2000

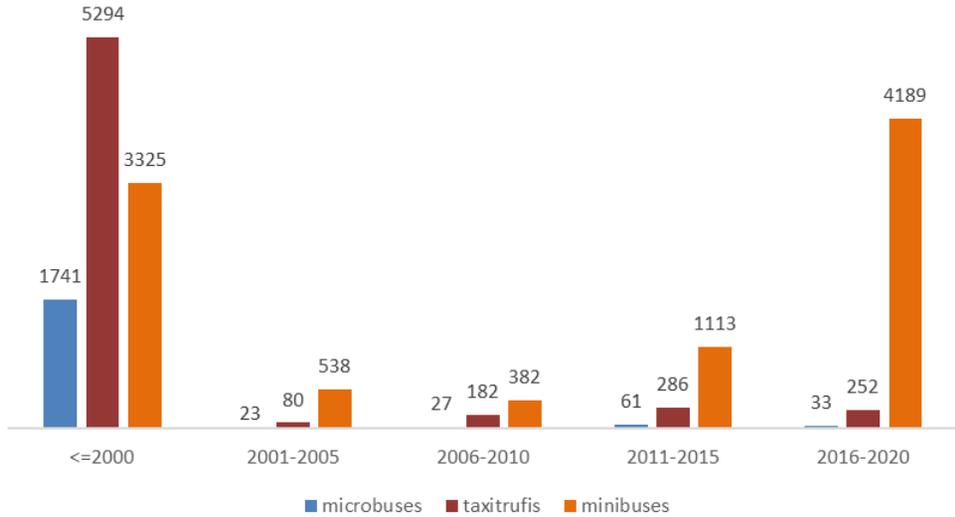


Figura 2. Cochabamba: Parque Automotor público por año de modelo, 2019.
Fuente: Elaboración propia en base a datos del INE, 2019.

Respecto al consumo de combustible del parque automotor de transporte público, se muestra que, si bien el principal combustible es la gasolina, la demanda de diésel tiene su origen en los microbuses y minibuses de Cochabamba (INE, 2019) como se muestra en la Figura 3.

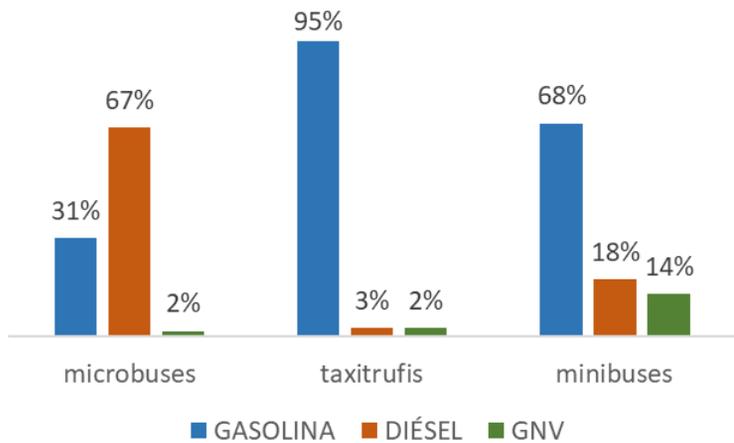


Figura 3. Cochabamba: Parque automotor público por tipo de combustible, 2019
Fuente: Elaboración propia, 2021, en base a datos del INE, 2019.

En ese sentido, el reemplazo de combustibles fósiles en el sector transporte público incorporando electricidad sería una contribución efectiva a la reducción de emisiones del sector energético boliviano, además reduciría la importación de diésel y el desequilibrio de la balanza comercial. Adicionalmente, la incorporación de transporte eléctrico sería factible económicamente, pues la electricidad tiene

un menor costo respecto al diésel, y por otro lado existen menores costos de mantenimiento en un coche eléctrico, reduciéndose este en alrededor del 30% del costo del mantenimiento convencional según Peugeot. (Aragón, 2021). La electromovilidad es una tendencia global hacia la cual los países de la región de Latinoamérica están apuntando y que más allá del impacto en la disminución de emisiones, presenta el desafío de replantear el uso de la matriz energética (Isla, 2019, p.8).

Respecto a la disponibilidad de electricidad para apoyar esta transformación del parque automotor, un informe elaborado por ENERGETICA y WWF (2017), señala que en Bolivia existiría un excedente de capacidad de generación de energía eléctrica de aproximadamente 1.086 MW considerando que el consumo máximo en el país es de 1.400 MW y la potencia total instalada es de 2.486 MW. Con esta información, es posible inferir que el aprovechamiento del excedente de potencia de generación instalada podría emplearse en el impulso a los vehículos eléctricos, como alternativa al consumo de combustible diésel, sin causar una presión al sector de generación de electricidad.

Por otra parte, existe una acelerada diversificación de desarrollos tecnológicos y una redefinición del ecosistema de empresas que movilizan este mercado, en particular aquellas relacionadas con la investigación y desarrollo de baterías de iones de litio de alto rendimiento que habilitaron el desarrollo de los vehículos eléctricos. (Isla, 2019, p.15). El Servicio Geológico de Estados Unidos (USGS) reportó en febrero de 2019, en su informe anual “Resumen de productos minerales” (Mineral Commodity Summaries), que Bolivia es el mayor poseedor de litio en el mundo, con 21 millones de toneladas métricas de este mineral (Miranda, 2020). La administración de este recurso mineral se realiza a través de la empresa estatal Yacimientos de Litio Bolivianos (YLB). Actualmente, el país ya produce y exporta cloruro de potasio y carbonato del litio extraídos del Salar de Uyuni, además tiene en operaciones una planta piloto para la producción de baterías que se proponía producir 6.000 unidades (Miranda, 2020).

Dadas las actuales condiciones en Bolivia, referidas al incipiente desarrollo de la electromovilidad aplicada al uso público, se plantea realizar el estudio del transporte público en rutas cortas al interior de la ciudad, lo que sugiere utilizar minibuses eléctricos, pues son más compactos, menos pesados y por tanto más veloces, de carga más rápida, por este motivo se considera este tipo de minibuses que ofrece el mercado internacional, descartando de momento el transporte interprovincial. Así, el objetivo de la investigación es examinar y evaluar las proyecciones de disminución de emisiones de CO₂, haciendo la comparación entre un minibus a diésel y un minibus eléctrico, determinando una muestra en base a los vehículos motores diésel, modelos inferiores al 2000, del sector público de la ciudad de Cochabamba, para analizar y visualizar el impacto ambiental, así como económico. Por otra parte, también se valorará la reducción económica y volumétrica que representaría la sustitución de la muestra seleccionada por electromovilidad y así, obtener un análisis cuantitativo sobre el ahorro que generaría el Estado Boliviano, si invirtiese en la adquisición de transporte eléctrico masivo, para las ciudades con mayores índices de contaminación.

2. METODOLOGÍA

En este estudio, la metodología aplicada inicia con una revisión de información secundaria referida al parque automotor, el consumo de combustibles y los posibles modelos de minibuses eléctricos a utilizar en reemplazo a los vehículos a diésel.

Como parte del trabajo de campo, se realizó una selección de la muestra, la recolección de datos, el análisis e interpretación de resultados. Estos resultados iniciales permitirán seleccionar con mayor especificidad el modelo de minibus eléctrico a utilizar como ejemplo de reemplazo.

El análisis se realiza considerando el transporte público en general de Cochabamba, y se toma como sector de estudio los microbuses y minibuses que consumen diésel.

La población muestra se detalla en la Tabla 1.

Tabla 1. Determinación de población muestra

Tipo de Vehículos	N° Vehículos Iniciales	Modelos ≤ 2000	Diésel	N° Vehículos Finales
Microbús	1.885	92,36%	66,98%	1.166
Minibús	9.547	34,83%	18,05%	600
			Total	1.766

Fuente: Elaboración propia, basado en datos del INE, 2019.

Para realizar las encuestas y obtener datos se identificaron las rutas de Nor-Oeste a Sur-Este de la ciudad y, entre estas se seleccionaron las líneas de minibuses: 3v, A y 1 que suman 145 vehículos. Se eligieron estas rutas, debido al conocimiento de algunos informantes claves que viabilizan el acceso a información primaria, ya que los transportistas son muy reservados en cuanto a la entrega de información sobre su actividad.

El tipo de muestreo seleccionado es: MUESTREO NO PROBABILÍSTICO, por CONVENIENCIA o INTENCIONAL, donde la muestra de la población está convenientemente disponible, es fácil de reclutar y no necesita representar a toda la población. Para la selección de la muestra primeramente se delimitó el universo de estudio:

- **Universo:** se tomó en cuenta los principales vehículos públicos que ingresan al centro de la ciudad de Cochabamba que son: microbuses, taxitrufris y minibuses, que en general representan 17.526 vehículos.

Para la selección de la población se consideró los siguientes parámetros:

- Del universo delimitado, se tiene que: el 32,1% de los microbuses son modelos anteriores al año 2000, igualmente el 16,8% minibuses y el 51,1% taxitrufis. Los vehículos de transporte masivo son: microbuses y minibuses, por lo que, por conveniencia para este estudio, la población se representa por este tipo de vehículos con modelos inferiores al 2000.
- Se seleccionan vehículos cuyo combustible automotor sea el diésel, debido a que éste combustible genera mayores índices de contaminación atmosférica, su importación se realiza en grandes cantidades a precios internacionales y su venta a un precio inferior, provocando fuga de divisas.

Una vez obtenida y procesada la información primaria se realizaron las evaluaciones y comparaciones correspondientes entre tecnologías en términos de inversiones, costos de operación y mantenimiento, consumo de combustibles e impactos considerando precios locales y también los precios internacionales del diésel importado.

Para el cálculo de las emisiones se utilizaron los factores que se detallan en la Tabla 2, la que muestra las emisiones de CO₂ generadas por tipo de combustible según la NORMA BOLIVIANA 62002: Calidad de Aire-Emisiones de Fuentes Móviles basada en la normativa de la DIRECTIVA EUROPEA 91/441/EC EURO 1. (NB. 62002, 2006, pg. 6)

Tabla 2. Factor de Emisiones de CO₂ generadas por tipo de combustible

Tipo de combustible	Emisión de CO ₂	Recopilado
Diésel	2,65 kg CO ₂ /l	NB 62002
Gasolina	2,37 kg CO ₂ /l	NB 62002
GNV	1,45 kg CO ₂ /m ³	NB 62002
Electricidad	0,42 kg CO ₂ /kWh	Fernández Vázquez

Fuente: Elaboración propia, en base a la NB 62002.

Las emisiones de CO₂ que se producen por el uso de electricidad se debe a que, en Bolivia el 70% de la generación de energía es por las termoeléctricas que funcionan con gas natural y diésel.

El 91% de la potencia instalada de las termoeléctricas está conectada al Sistema Interconectado Nacional (SIN), que alcanza a 2.600,8 MW y el otro 9% (254 MW) se encuentra en los sistemas aislados y los autoprodutores. Las termoeléctricas conectadas al SIN funcionan a gas natural con la excepción de la central de Moxos y algunas turbinas de la central de Aranjuez, las cuales funcionan con diésel (Fundación Solón, 2020). En los sistemas aislados, el consumo de diésel se da sobre todo en las termoeléctricas de la CRE R.L., ENDE del Beni, CER, El Sena Guayaramerín, Cobija, Rosario del Yata y Cachuela Esperanza (Fundación Solón, 2020).

3. RESULTADOS

3.1 Resultados del trabajo de campo

Las encuestas realizadas en las rutas de Nor-Oeste a Sur-Este de las líneas seleccionadas: 3v, A y 1, derivan que la selección de la muestra quede de la siguiente manera:

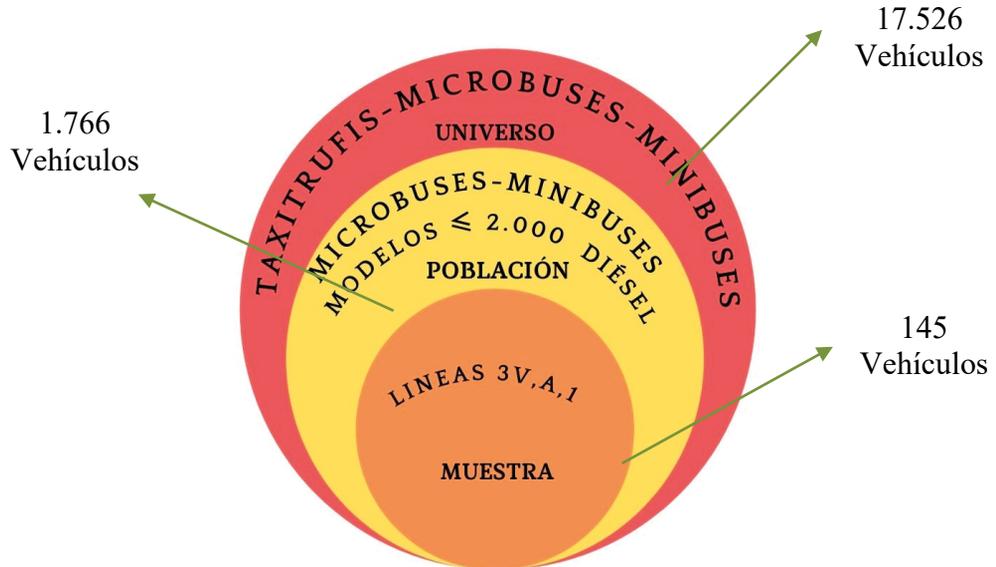


Figura 4. Universo, población y muestra

Fuente: Elaboración propia, 2021.

Los resultados de la encuesta aplicada muestran que un chofer gana en promedio 105 Bs/día de trabajo; los modelos de moviidades son inferiores a 1995, lo que de alguna manera indica su baja eficiencia en la combustión; realizan 8 vueltas al día, cada una entre 14,7 y 18,5 km; los vehículos tienen una capacidad de 20 a 30 pasajeros (sentados). Un detalle de los resultados se muestra en la Tabla 3.

Tabla 3. Resultados de las encuestas aplicadas a 3 líneas de microbuses de transporte urbano seleccionadas

	Micro 3v	Micro A	Micro 1
Cantidad de Vehículos	45	50	50
N° de vueltas recorridas/día	8	8	8
km Recorridos/Vuelta	14,7	18,5	17
km Recorridos/Día	117,6	148	136
Cantidad de pasajeros (sentados)	30	30	30
Tiempo de salida (min)	5	5	5
Tiempo de descanso (min)/por vuelta	15	15	15
Velocidad promedio (km/h)	30	35	30
Modelo de los vehículos	<1995	<1995	<1995
Tipo de combustible	Diésel	GNV	Diésel
Volumen de carga diaria de combustible	35 l	48 m ³	27 l
Gasto aprox. en combustible (Bs/día)	130	80	100
Costo de mantenimiento (Bs/mes)	600	500	500
Costo del vehículo año 1980 (USD)	15.000	15.000	15.000
Costo del vehículo año 2020 (USD)	70.000	70.000	70.000
Pendiente máxima en recorrido	20%	20%	20%
Ganancia neta diaria (Bs)	150	150	120
Ancho x Largo (m)	2,08x6,9	2,08x6,5	2,05x6,5

Nota: En el caso de la línea Micro A, a pesar de que utilizan GNV mayoritariamente, se levantaron datos para corroborar el resto de las variables.

Fuente: Elaboración propia, 2021.

3.2 Elección de modelos de minibuses eléctricos para el estudio

Los resultados de las encuestas son base para identificar minibuses eléctricos que podrían reemplazar a las unidades a diésel. Al realizar la revisión bibliográfica y de estudios de caso, se identificaron dos tipos de buses que podrían ser compatibles con las demandas identificadas, lo que se describen a continuación.

El primer tipo de minibús eléctrico identificado corresponde al Hyundai County Electric, de 7,71 m de longitud, que está equipado con una batería de polímero de iones de litio de 128 kWh de alta eficiencia la que proporciona una autonomía de 250 km con carga completa, este modelo es accesible en configuraciones de 15 a 33 asientos.



Figura 5. County-Electric Hyundai. Fuente: Hyundai, 2020.

La batería de 128 kWh, puede ser cargada completamente en 72 minutos usando un sistema estándar Combo 1 DC (basado en una carga de 150 kW), que asegura su fiabilidad, también puede cargarse utilizando un enchufe doméstico de 220 V (en CA), aunque tardaría 17 horas para una carga completa desde cero (Hyundai News, 2020).

El Country Electric no sólo es económico y ecológico, sino que también es potente. Dentro del rango de 50 a 80 km/h, Country Electric proporciona una aceleración un 30 por ciento más rápida en comparación con los modelos diésel. Además, está equipado con un sistema de frenos de control electrónico, aire sobre hidráulico (AOH) con discos de freno más robustos para manejar el aumento de peso del vehículo debido a la batería (Hyundai News, 2020).

El segundo modelo identificado es el Jest Electric – KARSAN fabricado en Turquía. Obtiene su potencia de un motor BMW 100 % eléctrico que ofrece un elevado rendimiento en la aceleración, diseñado para trabajar en las principales líneas de transporte urbano, es capaz de maniobrar fácilmente en calles estrechas gracias a sus dimensiones compactas. Esto permite crear una red de transporte que se puede ampliar para llegar a todos los puntos de la ciudad. Tiene una longitud de 5,8 m cuenta con batería de ion litio BMW y la tecnología de carga BMW (KARSAN, 2019).



Figura 6. Jest- Electric Karsan. Fuente: Karsan, 2019.

El Jest electric, se puede equipar con baterías de 44 u 88 kWh de BMW, ofrece una autonomía de hasta 210 km. Se puede cargar por completo en 8 horas con cargadores CA convencionales o en tan solo 1 hora en puntos de carga rápida. Por otra parte, el sistema de frenado regenerativo recupera energía, lo que permite que las baterías se recarguen hasta en un 25% (KARSAN, 2019).

Un resumen comparativo de las especificaciones de ambos minibuses se muestra en la Tabla 4, de las cuales es importante resaltar, la autonomía del vehículo con una carga completa de batería, el tiempo de recarga, la cantidad de pasajeros, las pendientes máximas que pueden subir estas movibilidades y los ciclos de vida de la batería.

Tabla 4. Comparación minibuses eléctricos

	Jest-Electric	County-Electric
Potencia máxima (kW)	135	140
Autonomía (km)	210	250
Velocidad máxima (km/h)	70	80
Cargador CA (KW)	22	-
Cargador CC (KW)	80	150
Batería (tipo-capacidad)	Li-ion 88 kWh	Li-ion 128 kWh
Batería (Voltaje)	12 V	24V
Cantidad de pasajeros (sentados)	25	30
Tiempo de carga rápida (hora)	1 h	1,2 h
Tiempo de carga normal (hora)	8 h	17 h
Horas de trabajo/día	8 h	8 h
Pendiente máxima	25%	25%
Longitud total (m)	5,85	7,71
Ancho total (m)	2,05	2,03
Motor	BMW	Hyundai D4AF
Ciclos de vida batería	4.000	4.000

Fuente: Elaboración propia, en base a fichas técnicas, 2020

En función a las distancias recorridas por las líneas en estudio, así como las exigencias de recarga, se opta por la opción de Hyundai, como modelo sujeto de evaluación, puesto que tiene una mayor autonomía, pero también es posible de recargarlo con un cargador de 220 V AC directamente, lo que facilita de manera absoluta el cargado del vehículo por ejemplo en las noches en los domicilios de los conductores, sin necesidad de incurrir en gastos de instalación de cargadores especiales. Para el caso de las baterías de litio el modelo de Hyundai tiene 4000 ciclos de vida útil, lo que considerando una operativa de 20 días al mes y una recarga cada día, permite una vida útil estimada de al menos 33 años. Es decir, el componente más crítico del minibus eléctrico no sería objeto de reemplazo durante todo ese tiempo. La capacidad de estos minibuses eléctricos es igual a la de los microbuses que trabajan en la ciudad de Cochabamba-Bolivia.

3.3 Costos de combustible por tipo de vehículos

Según datos de la ANH (Agencia Nacional de Hidrocarburos), los precios tanto al mercado interno como internacional son los siguientes (Tabla 5):

Tabla 5. Precio del combustible

Combustible	Precio Interno	Precio Internacional
Diésel	3,72 Bs/l	8,88 Bs/l

Fuente: Elaboración propia, 2021, en base a datos de la ANH, 2021.

Para efecto de cálculo se asume un costo promedio en combustible de 115 Bs/día y 20 días de trabajo al mes. Esto arroja un total de 27.600 Bs/año de gasto en diésel solamente.

Para el caso de la electricidad, las tarifas por consumo de energía son aprobadas por la Autoridad de Fiscalización y Control Social de Electricidad (AE) cada cuatro años de acuerdo a lo establecido en la legislación vigente. En Cochabamba, un consumo en la categoría domiciliaria de 121-300 kWh, tiene una tarifa es de 0,98 Bs/kWh. (Los Tiempos, 2019).

Considerando que un minibús eléctrico Hyundai trabajará 20 días/mes, se estima que en un mes se realizarán 10 cargas al vehículo, porque su autonomía de 250 km permitiendo realizar la recarga cada 2 días; en este caso el consumo de electricidad sería de 1.280 kWh/mes (Tabla 6).

Tabla 6. Consumo de energía/mes

1 Minibús eléctrico Hyundai	
Nº cargas/mes	10
Energía kWh/carga	128
Energía kWh/mes	1.280

Fuente: Elaboración propia, 2021

Por tanto, considerando las tarifas proporcionadas por ELFEC (2021) para valores de energía que incluyan 1.280 kWh en un mes, se tiene:

Tabla 7. Precio Bs/mes para 1280 kWh

	Precio Bs/kWh	Precio Bs/mes para 1.280 kWh
Tarifa domiciliaria	1,22	1.561,6
Tarifa comercial	2,01	2.572,8
Tarifa Industrial	0,49	627,2

Fuente: Elaboración propia, 2021

Con la tarifa domiciliaria se pagaría Bs. 1.561,6 y con la tarifa industrial considerando potencias fijas se pagaría Bs. 627,2 por mes para cargas normales. El Gobierno podría beneficiar a los usuarios de vehículos eléctricos con tarifas de energía bajas como la industrial, para de esta forma incentivar al aprovechamiento de la energía eléctrica del país.

4. DISCUSIÓN

4.1 Costos de combustible

La diferencia entre usar diésel como combustible y electricidad en su reemplazo se puede ver en la tabla siguiente, donde adicionalmente se incluye una columna que calcula el costo del diésel, considerando precios internacionales. Se utiliza como comparación los microbuses diésel debido a que tienen semejantes dimensiones a los minibuses eléctricos Hyundai.

Tabla 8. Comparación de precios de combustible microbus a diésel y minibus eléctrico

Consumo/100km	Precio al mercado interno		Precio al mercado internacional		
	Precio Bs/km	Precio Bs/año	Precio Bs/km	Precio Bs/año	
Microbús diésel	30 L.	1,116	40.176	2,664	95.904
Minibús eléctrico Hyundai	51 kWh	0,499	17.964	0,499	17.964

Fuente: Elaboración propia, 2021.

Considerando que el precio del diésel en el mercado internacional, representa casi el doble del precio en el mercado interno y comparando los precios por kilómetro recorrido, el vehículo eléctrico incrementa su competitividad pues sería 5 veces más económico usar electricidad que diésel a precio internacional.

A manera de comparación, si un usuario cargase su minibús con electricidad a una tarifa domiciliaria, ahorraría aproximadamente 22.212 Bs/año (equivalentes

a 3.191,3 USD/año). En el caso que los transportistas pagarían el diésel a precio internacional, la diferencia sería aún más grande, alcanzaría a 77.940 Bs/año (11.198,3 USD/año).

4.2 Costos operativos

Si se calcula la diferencia de los costos operativos (que implica los costos de combustibles, más los costos de mantenimiento), la situación sería la siguiente.

Costos operativos para microbús Coaster (uno de los modelos más utilizados):

$$\text{costo op.} = \text{precio comb.} \frac{\text{Bs}}{\text{año}} + 530 \frac{\text{Bs}}{\text{mes}} * 12 \text{ meses (mantenimiento)}$$

Los precios del combustible varían si se refiere al mercado interno o internacional.

$$\text{costo op. microbus diésel} = 40.176 \frac{\text{Bs}}{\text{año}} + 530 \frac{\text{Bs}}{\text{mes}} * 12 = 46.536 \frac{\text{Bs}}{\text{año}}$$

Costos operativos para minibús eléctrico Hyundai:

Considerando que los costos en mantenimiento de un vehículo eléctrico según los datos revelados por Peugeot (2021) son el 30% de los convencionales, se tiene el siguiente cálculo:

$$\text{costo op. minibús Hyundai} = 17.964 \frac{\text{bs}}{\text{año}} + 530 * 30\% \frac{\text{bs}}{\text{mes}} * \frac{12 \text{ meses}}{1 \text{ año}} = 19.872 \frac{\text{bs}}{\text{año}}$$

La Tabla 9 muestra las diferencias obtenidas en los costos operativos a diésel y electricidad, considerando que el costo de mantenimiento de los vehículos a diésel es más alto y que el costo del diésel es mayor al costo de la electricidad.

Tabla 9. Comparación de costos operativos (combustible + mantenimiento)

	Precio al mercado interno	Precio al mercado internacional
	Costos Operativos Bs./año	Costos Operativos Bs./año
Microbus Toyota Coaster 2020	46.536	102.264
County Electric-Hyundai 2020	19.872	19.872

Fuente: Elaboración propia, 2021

4.3 Comparación de costos de inversión, operación y mantenimiento

A efecto de tener una visión completa de las diferencias entre ambos tipos de transporte bajo un mismo horizonte de tiempo, en la Tabla 10 se resume la estructura de costos de inversión, operación y mantenimiento.

Los microbuses encuestados son modelos Dodge D700 (1980), actualmente no existen este tipo de vehículos nuevos en el mercado, por lo que para calcular el precio de uno nuevo se realizará la estimación usando como base modelos como

Toyota Coaster y Nissan Civilian, que tienen dimensiones de 2.08 m. de ancho y 6.9 m. de longitud, la capacidad es para 30 pasajeros (Toyota, 2020), similar a la tecnología de electromovilidad de Hyundai. Los precios actuales se encuentran en sus respectivos catálogos.

Costos de inversión:

$$\text{costo inversión microbús Coaster} = \text{USD } 70.000 * 6.97 = \text{Bs } 487.900$$

$$\text{costo inversión minibús Hyundai} = \text{USD } 130.000 * 6.97 = \text{Bs } 906.100$$

Tabla 10. Comparación de costos de inversión y costos operativos

CLASE DE VEHÍCULO (nuevo)	COSTOS DE INVERSIÓN Bs	Precio al Mercado Interno	Precio al Mercado Internacional
		COSTOS OPERATIVOS Bs/año	COSTOS OPERATIVOS Bs/año
Microbus Toyota Coaster 2020	487.900	46.536	102.264
County electric-Hyundai 2020	906.100	19.872	19.872

Fuente: Elaboración propia, 2021.

Para realizar esta comparación se considera que ambos tipos de vehículos son nuevos. Adicionalmente se considera como vida útil de la inversión 20 años que es el tiempo de vida útil de las baterías de litio. Las movilidades recorren 36.000 km/año, y trabajan 20 días al mes.

Al realizar un cálculo del flujo acumulado, en el cual se comparan los gastos totales que son la inversión inicial más los gastos de operación y mantenimiento, en la Figura 7 se observa que la inversión inicial es mayor para un vehículo eléctrico que uno convencional, sin embargo, los costos operativos en el tiempo hacen que exista al final una clara ventaja de la electromovilidad.

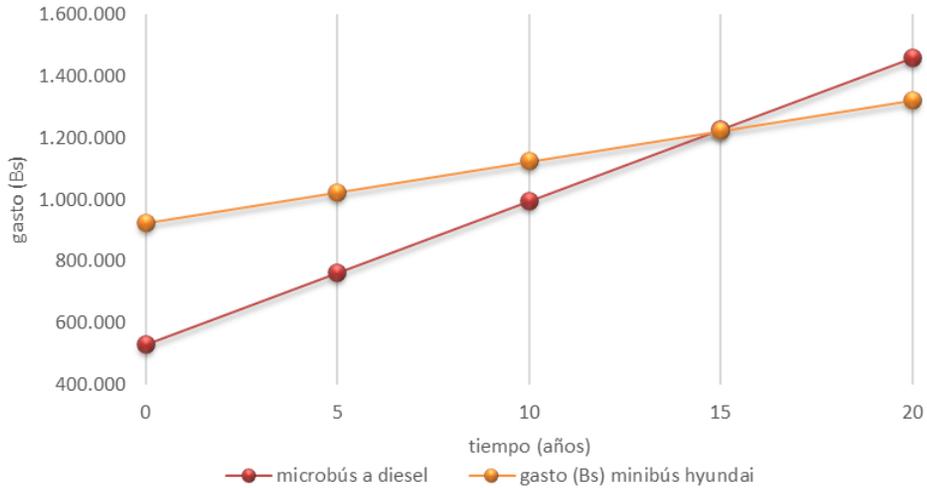


Figura 7. Comparación de flujo de costos acumulados de una movilidad a diésel (a precio nacional de diésel) vs. Minibús eléctrico. Fuente: Elaboración propia, 2021.

Hasta el año 15 los costos del minibús eléctrico son mayores, pero a partir de ahí, se generan ahorros respecto al microbús a diésel.

Cuando se hace el mismo análisis, pero tomando en cuenta los precios internacionales del diésel, la situación es mucho más favorable al minibús eléctrico. La Figura 8 muestra esta situación, donde se ve que, antes del año 5 ya un minibús eléctrico es mucho más conveniente que una movilidad a diésel.

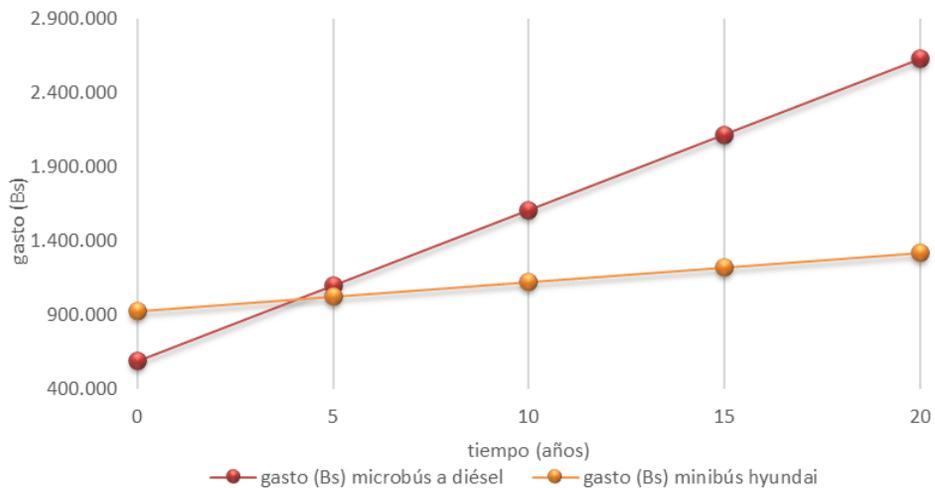


Figura 8. Comparación de flujo de costos acumulados de una movilidad a diésel (a precio internacional de diésel) vs. Minibús eléctrico. Fuente: Elaboración propia, 2021.

La figura anterior, muestra claramente que en menos de 5 años de la compra del vehículo eléctrico se recuperaría su inversión, el beneficiado tendría 15 años para disfrutar del ahorro económico que el vehículo eléctrico representaría para él antes de que se cumpla la vida útil de la batería, por otro lado, el Gobierno reduciría la importación de diésel y disminuiría la fuga de divisas.

4.4. Disminución de Emisiones de CO₂ para un minibús eléctrico

Proyectando a 20 años las emisiones de CO₂ de un vehículo a diésel de transporte público alcanza a 572 TCO₂, mientras que para un minibús eléctrico *Hyundai* las emisiones son 154 TCO₂, la relación es de aproximadamente 5 a 1, situación que representa un gran aporte en la lucha contra el cambio climático, si expandiéramos estos resultados a todos los microbuses y minibuses de transporte público.

Las emisiones que se atribuyen a los minibuses eléctricos se deben a que una parte de la electricidad utilizada es generada con Gas Natural; de lograrse una provisión de energía producida con fuentes alternativas como: sol, viento o hidroelectricidad, las emisiones serían prácticamente nulas.

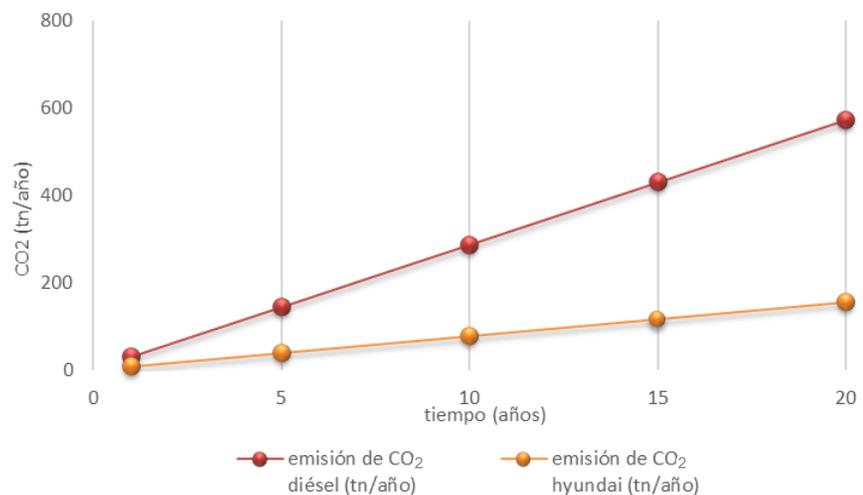


Figura 9. Proyección de disminución de Emisiones de CO₂ por vehículo.
Fuente: Elaboración propia, 2021.

En la Figura 9, se aprecia de mejor manera que las emisiones producidas de CO₂ son mayores en un microbús convencional que para un minibús eléctrico, esto debido a que la quema de combustibles para producir energía mecánica en un vehículo genera mayores gases de efecto invernadero que la energía proveniente de la generación termoeléctrica.

4.5. Impactos de la sustitución de 1.766 microbuses a diésel que son modelos anteriores al año 2000

a) Emisiones de CO₂

Utilizando los factores de emisiones de CO₂ de la Tabla 2 y considerando que se realice una sustitución de los 1.766 microbuses a diésel, a una tasa del 20% anual, cuando se alcance la sustitución total, los minibuses eléctricos emitirán 13.616 toneladas de CO₂ en un año comparada con 50.543 toneladas de CO₂ que se producen con los minibuses y microbuses a diésel, logrando una reducción de emisiones del 73%.

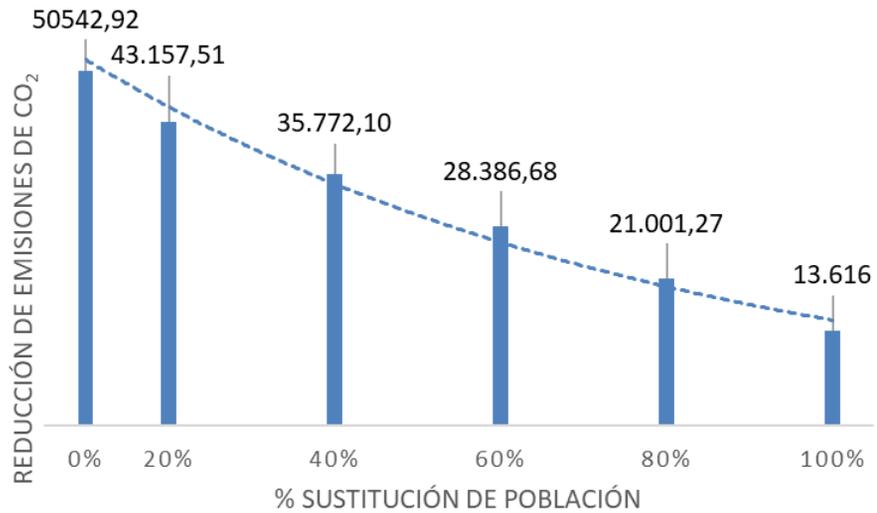


Figura 10. Reducción de emisión de CO₂ con la sustitución de 1.766 minibuses a una tasa anual del 20%. Fuente: Elaboración propia, 2021.

La incorporación de estos 1.766 minibuses eléctricos sobre el total del parque automotor de servicio público de Cochabamba, estimado en 17.526 unidades que incluyen microbuses, minibuses y taxi trufis, representa una reducción del 7,36% de las emisiones anuales de CO₂ como se aprecia en la Tabla 11.

Tabla 11. Balance de emisiones para el parque automotor público

	N° Vehículos sin Sustitución	Emisión de CO ₂ /año	N° Vehículos con Sustitución	Emisión de CO ₂ /año	Emisiones Totales tn.CO ₂ /año	Reducción de Emisiones CO ₂	% Reducción de Emisiones
Parque Automotor Público Cochabamba	17.526	501.594,12	-	-	501.594,12	0,00	0,00
Sustitución de Población al 20%.	17.173	491.485,54	353,20	2.723,17	494.208,71	7.385,41	1,47
Sustitución de Población al 40%.	16.820	481.376,95	706,40	5.446,34	486.823,30	14.770,82	2,94
	N° Vehículos sin Sustitución	Emisión de CO ₂ /año	N° Vehículos con Sustitución	Emisión de CO ₂ /año	Emisiones Totales tn.CO ₂ /año	Reducción de Emisiones CO ₂	% Reducción de Emisiones
Sustitución de Población al 60%.	16.466	471.268,37	1.059,60	8.169,52	479.437,88	22.156,24	4,42
Sustitución de Población al 80%.	16.113	461.159,78	1.412,80	10.892,69	472.052,47	29.541,65	5,89
Sustitución de Población al 100%.	15.760	451.051,20	1.766,00	13.615,86	464.667,06	36.927,06	7,36

Fuente: Elaboración propia, 2021, en base a datos del INE, 2019.

b) Inversiones necesarias para la adquisición de 1.766 minibuses eléctricos

Bajo el D.S. 4539 que cuenta con posibles incentivos financieros para electromovilidad, se propone sustituir el 20% de la población determinada anualmente, es decir, 354 buses por año, hasta llegar a 1.766 vehículos. Esta sustitución necesitaría una inversión de:

$$\begin{aligned} (\text{Inversión necesaria})/\text{año} &= 354 (\text{minibuses eléctricos})/\text{año} * 130.000 \text{ USD}/(\text{minibús eléctrico}) \\ &= 46' 020.000 \text{ USD}/\text{año} \end{aligned}$$

Una revisión de la cartera de créditos bancarios, al 30 de junio de 2019 muestra que los créditos colocados por el sistema financiero fueron de Bs 177.742 millones (ASFI, 2019), este valor significa 25.537 millones de USD. La inversión necesaria para la compra de 354 minibuses eléctricos por año sólo representaría el 0.18% del total de créditos otorgados por la banca para ese año, por lo que no sería una carga adicional al sistema financiero. Este volumen de inversiones corresponde solamente al capital necesario, las tasas de interés deberían ser preferenciales, enmarcadas en el propósito de lucha contra el cambio climático, como ya algunos bancos están promoviendo como el Banco BISA (línea de crédito consciente, destinado para autos eléctricos o híbridos), Banco de Desarrollo Productivo (línea de crédito Ecoeficiencia-BDP, con tasas de 5% al 10% para productos que reduzcan emisiones de CO₂).

Por otro lado, en 2019 el INE registró que en Cochabamba ingresaron 23.568 vehículos al parque automotor; esto significa que inclusive incorporar 354 unidades de minibuses eléctricos por año, que representan el 1,5%, no sería un problema.

c) Ahorro Económico y Volumétrico de Combustible

En base a los datos de la Tabla 8 que indica el volumen y precio de combustible para un microbús a diésel y un minibús eléctrico, se puede calcular el ahorro en base a la fórmula siguiente:

$$\text{ahorro} \frac{\text{Bs}}{\text{año}} = \text{microbús diésel} \left(\frac{\text{Bs}}{\text{año}} \right) - \text{minibús eléctrico Hyundai} \left(\frac{\text{Bs}}{\text{año}} \right)$$

El ahorro en volumen de combustible por año para un microbús a diésel es de 10.800 litros por año, este ahorro valorado sería de Bs. 22.212 si utilizaran tecnología *Hyundai*. Para un conductor de cualquier vehículo del sector público ese ahorro representaría un apoyo económico a su familia pues representa casi 4.000 USD por año

Ahora bien, desde el punto de vista del Estado, que subvenciona el precio de combustible para la población boliviana, el ahorro económico sería el siguiente (Tabla 12).

Tabla 12. Ahorro en volumen y precio de combustible por año (precios internacionales)

	Consumo Combustible en 36.000 km/año	Precio Bs/km	Precio Bs/año	ahorro Bs/año
Microbús diésel	10.800 l	2,664	95.904	77.940
Minibús eléctrico Hyundai	17.280 kWh	0,499	17.964	-

Fuente: Elaboración propia, 2021.

Con los precios internacionales de combustible, si el Estado no subvencionara el diésel, el conductor ahorraría Bs.77.940 por año, para el país esto significaría una reducción en la fuga de divisas y en volúmenes importados de diésel. El impacto anual para 354 microbuses a diésel se muestra en la Tabla 13.

Tabla 13. Ahorro anual en volumen y costos de combustible a precios internacionales para 354 microbuses a diésel

	Consumo Combustible en 36.000 km/año	Precio Bs/año	Ahorro en 354 vehículos Bs/año	Ahorro comb. en 354 vehículos l/año
Microbús diésel	10.800 l	95.904	Bs 27'590.760	3'823.200
Minibús eléctrico Hyundai	17.280 kWh	17.964	-	-

Fuente: Elaboración propia, 2021.

Como ya se mencionó en las figuras anteriores, si se sustituye a la población muestra automotor en 20% por año, es decir 354 vehículos, el Estado ahorraría 3'823.200 litros de diésel en importación por año, lo que a precios internacionales representa Bs. 27'590.760 (3,96 millones de dólares por año). Este monto sería un ahorro para el Estado, porque ya no tendría que importar esa cantidad de diésel y, el monto podría ser destinado a fondo financiero para sustituir las 1.766 unidades por electromovilidad en menor tiempo de lo proyectado.

5. CONCLUSIONES

En Latinoamérica, varias ciudades de Colombia como Bogotá, Medellín y Cali han optado por la electromovilidad en el transporte público y ahora pasa lo mismo en Santiago de Chile. Para el caso de Cochabamba en Bolivia, se evaluaron las diferentes tecnologías de minibuses eléctricos, analizando la calidad y reconocimiento mundial de los fabricantes y su performance adecuado para la geografía de la ciudad, por motivos de comparación se seleccionaron las empresas Hyundai y Karsan, reconocidas en Europa, por sus modelos actuales en minibuses eléctricos.

Los modelos seleccionados son compatibles con la geografía de Cochabamba, son compactos y pueden subir pendientes de hasta 25% sin dificultad, en las rutas estudiadas la pendiente máxima es de 20% por ejemplo las avenidas Libertador Bolívar o la Simón López. Su autonomía permite que los conductores tengan

mayor tiempo de trabajo sin recargar energía a los vehículos, lo cual les permite optimizar sus tiempos.

La comparación de costos acumulados muestra que la diferencia de inversión entre un microbús a diésel y un minibús eléctrico es prácticamente el doble, sin embargo, en el tiempo se puede ver que una movilidad eléctrica es más conveniente, considerando los costos de mantenimiento y combustible. A precios nacionales del diésel, a partir de los 15 años de uso la movilidad eléctrica resulta más económica que el microbús a diésel. Si se considera el precio internacional del diésel, en solo 5 años el minibús eléctrico ya recupera los costos de inversión inicial y tiene una operación mucho más barata que el microbús a diésel.

Una situación ideal sería que el Estado decida importar minibuses eléctricos y cambiarlos por los microbuses a diésel, en ese caso hipotético, el Estado recuperaría su inversión en un plazo menor a 5 años porque ya no tendría que importar diésel a precio internacional. Considerando que la vida útil de estas tecnologías es de 20 años, los transportistas se beneficiarían obteniendo mayores ganancias en su trabajo.

Aunque inicialmente el cargado de los minibuses no es un problema, pues debido al tipo de trabajo, estas movilidades se recargarían en horario nocturno y en los domicilios de los transportistas, a futuro debería estudiarse la necesidad de establecer una red de cargadores eléctricos en los extremos de las rutas, para ofrecer recargas parciales y de emergencia. Las inversiones en aspectos de la red de cargadores no han sido estimadas en este estudio.

La proyección realizada de la disminución de emisiones de CO₂ en 20 años para un vehículo eléctrico en comparación a uno convencional, nos muestra que un transportista que usa un microbús a diésel, que genera 28 toneladas de CO₂ por año, con la sustitución por un minibús eléctrico solo generará 7 toneladas de CO₂ por año, y esta situación puede mejorar sustancialmente en la medida que la matriz de generación eléctrica incorpore cada vez más energías renovables. Por esta razón, la transición energética en el transporte público significará un gran aporte para cumplir con los objetivos del IPCC, siempre y cuando se establezcan políticas de incentivos para estas tecnologías en el país.

Si la sustitución de estas 1.766 unidades muestrales a diésel fuesen un proyecto piloto, para el balance de emisiones de CO₂ en la ciudad de Cochabamba debido al transporte público (con un universo de 17.526 vehículos) que generan cerca de 501.594 toneladas de CO₂/año, significaría una reducción del 7.36% de las emisiones anuales.

Una propuesta de política pública para el Gobierno nacional, consistiría en un paquete de medidas que contemple: la prohibición de circulación de vehículos públicos a diésel con más de 20 años de antigüedad, aplicar una escala inversa de impuestos donde las movilidades a combustibles fósiles más antiguas paguen mayores impuestos, impulsar una reducción de impuestos para movilidades eléctricas, promover la creación de un fondo de apoyo / subvenciones para movilidades eléctricas que disminuya la inversión inicial, la principal barrera para el usuario final; alentar a la banca que dispongan de líneas de crédito especiales para la electromovilidad; finalmente, promover la creación de una red de cargadores eléctricos de carga rápida, para movilidades en la medida que se incremente el parque de autos eléctricos en las ciudades y en el país.

El cambio paulatino de movilidades a diésel por eléctricos permitiría reducir la importación de combustibles líquidos y con ese ahorro se podría generar un fondo para los créditos o incentivos ampliado así la presencia de electromovilidad en todo el país, cumpliendo con las metas globales planteadas por el IPCC.

6. REFERENCIAS

ANH (2015). *La venta de gasolina aumentó en 2014 en 8,55% y de diésel, en 6,41%*. Recuperado de: <https://www.anh.gob.bo/w2019/contenido.php?s=5&O=736>

Aragon, E. (1 de julio 2021). *¿Por qué el mantenimiento de un coche eléctrico es un 30% menor que el de uno de combustión?*. Movilidad Eléctrica. Recuperado de: <https://movilidadelectrica.com/mantenimiento-de-un-coche-electrico/#:~:text=El%20coste%20energ%C3%A9tico%2C%20junto%20al,a%20trav%C3%A9s%20del%20c%2D208>.

Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. (2017). *Informe de Cambio Climático y Emisiones de CO₂*. Recuperado de: <https://unfccc.int/es/process-and-meetings/the-convention/que-es-la-convencion-marco-de-las-naciones-unidas-sobre-el-cambio-climatico>

El Instituto Boliviano de Comercio Exterior (IBCE). (2020). *Bolivia: Importaciones de diésel*. Recuperado de: <https://ibce.org.bo/publicaciones-ibcecifras-pdf.php?id=859>

Fernandez V. C., Brecha RJ, Fernandez F M (2022). *Analyzing Carbon Emissions Policies for the Bolivian Electric Sector*. Renewable and Sustainable Energy Transition.

Fernández F., Fernández V. y Rodríguez C. (2020). *Situación Energética Bolivia*. WWF – Bolivia, ENERGETICA. Recuperado de: https://wwflac.awsassets.panda.org/downloads/1_situacion_energetica_bolivia_25_02_optimized.pdf

Fernández F. y Fernández V. (28 de agosto de 2017). *Inventario, evaluación y proyección de las emisiones de carbono provenientes del sector eléctrico nacional-Bolivia 2025*. Acta Nova, 8 (3), pp. 354 – 375

Fernández Fuentes, M. (2019). *Buses Eléctricos para La Paz: PumaKatari Solar*. Recuperado de: <http://www.energetica.org.bo/energetica/noticias.asp>

Flores O., Fabela M., Blake C., Vázquez D. Y Hernández R. (agosto, 2014). *Regulación de emisiones contaminantes de los motores de combustión interna*. Instituto Mexicano del Transporte. Recuperado de: <https://imt.mx/resumen-boletines.html?IdArticulo=396&IdBoletin=149#:~:text=Desde%20su%20inveni%C3%B3n%2C%20los%20motores.ejemplifica%20en%20la%20Figura%201>.

Hyundai Motor lanza el minibús ‘County electric’. (2020). *Hyundai News*. Recuperado de: <https://www.um.es/documents/378246/2964900/Normas+APA+Sex+Edici%C3%B3n.pdf/27f8511d-95b6-4096-8d3e-f8492f61c6dc>

Instituto Nacional de Estadística. (2019). *Boletín de Parque automotor 2018*. Recuperado de: <https://www.ine.gob.bo/index.php/boletin-estadistico-parque-automotor-2019/>

Jest electric-Karsan. (2019). *Karsan*. Recuperado de: <https://www.Karsan.com/es/jest-electric-aspectos-destacados>

Lorena, I. (2019). *Análisis de Tecnología, Industria, y Mercado para Vehículos Eléctricos en América Latina y el Caribe*. Recuperado de: [/An%C3%A1lisis_de_tecnolog%C3%ADa_industria_y_mercado_para_veh%C3%ADculos_el%C3%A9ctricos_en_Am%C3%A9rica_Latina_y_el_Caribe_es_es.pdf](#)

Miranda, B. (19 de mayo de 2020). *Litio en Bolivia: por qué el país con las mayores reservas de este valioso recurso tiene tantos problemas para explotarlo*. BBC NEWS MUNDO. Recuperado de: <https://www.bbc.com/mundo/noticias-america-latina-51666362>

Opinión (27 de agosto de 2019). *86 por ciento de contaminación del aire en Cochabamba es provocado por parque automotor*. Opinión. Recuperado de: <https://www.opinion.com.bo/articulo/cochabamba/86-ciento-contaminacion-aire-cochabamba-es-provocado-parque-automotor/20190827090900658711.html>

Unidad de Comunicación del Gobierno Nacional (26 de marzo de 2021). *Yacimientos de Litio Bolivianos firma convenio de cooperación interinstitucional con la Empresa Tecnologías de Ecomovilidad Urbana*. UNICOM. Recuperado de: https://www.ylb.gob.bo/archivos/notas_archivos/ucylb26032021.pdf