

REPORTE DE ANÁLISIS ECONÓMICO SECTORIAL

SECTOR ELECTRICIDAD

El costo total de propiedad de los vehículos eléctricos: un cálculo para el caso de buses de transporte público en Lima Metropolitana

Año 9 – N° 15 – junio 2020



Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería

Bernardo Monteagudo 222, Magdalena del Mar
Lima – Perú

www.osinergmin.gob.pe

Gerencia de Políticas y Análisis Económico

Teléfono: 219-3400, Anexo 1057

http://www.osinergmin.gob.pe/seccion/institucional/acerca_osinergmin/estudios_economicos/oficina-estudios-economicos

Contenido

Presentación	3
Introducción	4
Metodología del costo total de propiedad.....	5
El costo total de propiedad para buses de transporte público.....	7
Supuestos utilizados para el cálculo del CTP de buses en Lima Metropolitana	9
Resultados obtenidos	10
Análisis de sensibilidad	13
Conclusiones y comentarios finales	13
Anexos	15
Notas.....	26
Abreviaturas utilizadas	28

Presentación

Como parte de sus actividades asociadas a la gestión del conocimiento dentro del Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería del Perú – Osinergmin, la Gerencia de Políticas y Análisis Económico (GPAE) realiza un seguimiento a los principales eventos y discusiones de política en los sectores energético y minero. Este esfuerzo se traduce en los Reportes de Análisis Económico Sectorial (RAES) sobre las industrias reguladas y supervisadas por Osinergmin (electricidad, gas natural, hidrocarburos líquidos y minería).

Los RAES buscan sintetizar los principales puntos de discusión de los temas económicos vinculados a las industrias bajo el ámbito de Osinergmin, dando a conocer el posible desarrollo o la evolución futura de estos sectores. El presente reporte correspondiente al sector eléctrico aborda el tema **“El costo total de propiedad de los vehículos eléctricos: un cálculo para el caso de buses de transporte público en Lima Metropolitana”**.

El año pasado, Osinergmin publicó el libro **“Electromovilidad: conceptos, políticas y lecciones aprendidas para el Perú”**, que tuvo por objetivo difundir información sobre esta industria que, si bien no se encuentra suficientemente desarrollada en nuestro país, posee un gran potencial. Con este RAES, la GPAE desea contribuir a la agenda pendiente en el Perú a fin de contar con un transporte eficiente, moderno, organizado y menos contaminante.

Los comentarios y sugerencias se pueden enviar a la siguiente dirección de correo electrónico: gpae@osinergmin.gob.pe.

Gerencia de Políticas y Análisis Económico

El costo total de propiedad de los vehículos eléctricos: un cálculo para el caso de buses de transporte público en Lima Metropolitana

Introducción

Durante muchos años, la industria automotriz a nivel mundial ha estado dominada por un tipo de tecnología: los motores de combustión interna. Aunque ha contribuido significativamente a la actividad humana, esta tecnología también ha impuesto serias externalidades negativas a nivel individual y colectivo. Las emisiones de material particulado en la atmósfera y los gases de efecto invernadero tienen impacto directo en la salud de la población y el cambio climático, respectivamente.

Actualmente, a escala mundial, se plantean dos grandes objetivos. Uno de corto plazo relacionado al control de la pandemia del Covid-19 y otro, de largo plazo, asociado al cambio climático. Con respecto a este último, como parte del proceso de transición energética que tiene lugar en muchos países, los vehículos eléctricos han iniciado una lenta pero decidida expansión, muchas veces con ayuda de políticas de promoción por parte de los propios Estados.

La intervención estatal en estos casos está justificada en la medida que los beneficios para la sociedad son claros; pero en términos privados, los usuarios o empresas continúan encontrando que los vehículos eléctricos son más costosos que los vehículos con motor de combustión interna^[1]. Esto es porque, a

menudo, los usuarios suelen fijarse únicamente en el primer costo que afrontan: el de adquisición del vehículo. Sin embargo, existen también otros costos asociados a la posesión de un vehículo (combustible, mantenimientos, impuestos, peajes, pago por estacionamiento, etc.) que deberían ser tomados en cuenta por el usuario en su decisión.

Por este motivo, es necesario contar con una herramienta que, dados algunos supuestos, nos permita sumar todos los costos involucrados en la posesión de un vehículo, a fin de realizar comparaciones entre distintas opciones. El **Recuadro 1** presenta las principales diferencias entre los vehículos eléctricos y sus pares de motor de combustión interna.

El presente RAES tiene por objetivo describir la metodología del costo total de propiedad (CTP) y aplicarla a buses de distintas tecnologías. Realizamos el énfasis en el transporte público ya que, sin duda, desde el punto de vista de las políticas públicas, deberían ser la prioridad en la estrategia de nuestro país hacia la electrificación del transporte. Como se señaló en el libro publicado por Osinerghmin en 2019, “**Electromovilidad: conceptos, políticas y lecciones aprendidas para el Perú**”^[2], la gran mayoría de viajes diarios se realizan en algún medio de transporte público^[3], siendo este el

Recuadro 1 - Diferencias entre vehículos con motor de combustión interna y vehículos eléctricos

Los vehículos con motor de combustión interna (VMCI) utilizan la energía liberada en el proceso de combustión que tiene lugar a partir de la combinación de combustible y aire. Así, la propulsión del vehículo se logra mediante un sistema de cilindros y pistones, conectado a un cigüeñal, que mediante un sistema de transmisión logra el movimiento de las ruedas. De acuerdo al combustible que utilizan, los VMCI pueden dividirse en convencionales (que funcionan con gasolina o diésel) y de combustibles alternativos (autogás, gas natural, biocombustible e hidrógeno).

Por el contrario, los vehículos eléctricos (VE) son aquellos que se caracterizan por tener un grupo de motopropulsión eléctrico, utilizar la electricidad como “combustible” y tener una batería recargable. Algunos VE pueden tener un tanque de combustible y corresponden a los llamados vehículos eléctricos híbridos (VEH). Por su parte, los vehículos eléctricos sin hibridación se dividen en: vehículos eléctricos de batería (VEB), vehículos eléctricos con pila de combustible (VEPC) y vehículos eléctricos solares. Para los efectos del presente documento, cuando hablemos de VE, nos estaremos refiriendo a los VEB, que tienen un puerto de carga que permite el suministro de electricidad para la recarga respectiva.

Tabla 1 – Tipos de vehículo según combustible

Tipo de vehículo	Combustible	
VMCI (convencional)	Gasolina	
	Diésel	
VMCI (combustible alternativo)	Autogás	Gas Licuado de petróleo (GLP)
	Gas natural	Gas natural comprimido (GNC)
		Gas natural licuado (GNL)
	Biocombustible	Bioalcohol
		Biodiésel
		Biogas
	Hidrógeno	
VE	Electricidad	

Fuente: Schmerler *et al.* (2019). Elaboración propia.

espacio más adecuado para iniciar la introducción de la electromovilidad, pues su condición de servicio público favorece el establecimiento de incentivos y obligaciones para la renovación de la flota mediante buses eléctricos.

Metodología del costo total de propiedad

Como ha sido abordado, resulta necesario contar con una herramienta que nos permita comparar todos los costos asociados a tener un vehículo, los cuales tienen lugar en

distintos momentos de la vida útil del vehículo. Para estos efectos, el valor actual neto (VAN) es un indicador financiero ampliamente utilizado en evaluación de proyectos de inversión que permite sumar un flujo de ingresos y/o egresos en el tiempo, descontándolos a una tasa, a fin de comparar proyectos y determinar cuál es el más rentable.

De esta forma, el CTP es la aplicación de este concepto a la adquisición y posesión de un vehículo, a fin de determinar el valor presente de todos los costos asociados a su compra y operación. A continuación, se presentan las fórmulas para el CTP de los VE y de los VMCI:

$$CTP_{VE} = I_{VE} + OyM_{VE} * \sum_{i=1}^n \frac{1}{(1+r)^i}$$

$$CTP_{VMCI} = I_{VMCI} + OyM_{VMCI} * \sum_{i=1}^n \frac{1}{(1+r)^i}$$

Donde:

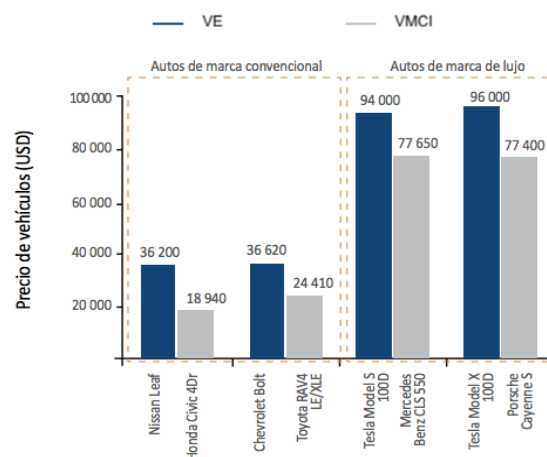
- I : Inversión (precio de compra del vehículo)
- OyM : Costos de operación y mantenimiento
- r : Tasa de descuento
- i : Año
- n : Vida útil del vehículo

De esta manera, el CTP de un vehículo es la suma de la inversión (correspondiente al precio pagado por la adquisición) y el valor presente de los costos de operación y mantenimiento a lo largo de los años de vida útil del vehículo. La fórmula presentada asume que los costos de operación y

mantenimiento son los mismos en cada año; sin embargo, un análisis más detallado puede considerar costos de operación y mantenimiento diferenciados por año.

El CTP es una herramienta útil en tanto, de acuerdo con información reciente, el precio de los vehículos eléctricos continúa estando por encima de sus pares con motor de combustión interna (ver **Gráfico 1**). Sin embargo, los costos de operación y mantenimiento asociados a un vehículo eléctrico suelen ser menores: debido a la tecnología automotriz que utilizan requieren menos mantenimientos y recargar las baterías puede resultar significativamente menos costoso cuando existen precios competitivos de electricidad.

Gráfico 1 - Comparación de precios de automóviles eléctricos y de motor de combustión interna



Fuente: Schmerler *et al.* (2019). Elaboración: GPAE.

Adicionalmente, el CTP sirve para evaluar el impacto de los instrumentos de política orientados a promover la adopción de VE. Ejemplos de estos instrumentos son las exoneraciones de impuesto al valor agregado

o subsidios al precio del vehículo, que afectan directamente el precio pagado por el consumidor. Sin embargo, los esquemas tarifarios especiales para la recarga de vehículos eléctricos y los descuentos parciales o totales en peajes y tarifas de estacionamiento son otros factores que afectan el CTP a través de los costos de operación y mantenimiento^[4].

El costo total de propiedad para buses de transporte público

Como se ha mencionado previamente, el presente estudio está centrado en los buses, dada su relevancia para el transporte público en las principales ciudades de nuestro país. La adquisición y operación de un bus con fines de transporte público involucra una serie de costos que pueden dividirse en directos e indirectos^[5].

El tipo de tecnología empleada por un vehículo determina en cierta medida la estructura de costos asociados a su operación y mantenimiento. Así por ejemplo, un vehículo con motor de combustión interna se abastece de gasolina, diésel o algún combustible alternativo, mientras que los vehículos eléctricos enchufables necesitan recargar sus baterías con energía eléctrica. Como se ha explicado antes, los vehículos eléctricos requieren menos mantenimientos pero también debe incluirse el costo de reemplazar la batería, una vez que su rendimiento ha disminuido al final de su vida útil.

Del mismo, también es importante considerar la distancia a ser recorrida por el bus. En ese sentido, se presentan las fórmulas que buscan expresar el CTP como una anualidad por kilómetro recorrido. Así, se calcula el Costo Total de Propiedad Anualizado por kilómetro (CTPA/km), asumiendo un financiamiento parcial de la flota a 5 años, y un horizonte de evaluación de 8 años.

$$CTP = \left[I_0 + \sum_{i=1}^5 \frac{CAF}{(1+r)^i} - \frac{V_s}{(1+r)^8} \right] + \sum_{i=1}^8 \frac{CAO}{(1+r)^i}$$

$$CTPA/km = \frac{CTP * \frac{r}{1 - (1+r)^{-8}}}{KRA}$$

Donde:

- VP : Valor presente de todos los costos
- I₀ : Inversión con recursos propios
- CAF : Costo anual de financiamiento
- r : Tasa de descuento (%)
- V_s : Valor de salvamento
- CAO : Costo Anual de Operación
- CTPA/km : Costo total de propiedad anualizado por kilómetro
- KRA : Kilómetros recorridos anualmente

En primer lugar, se calcula el CTP como el valor presente de todos los costos asociados a la adquisición y operación del bus. El primer componente del CTP corresponde a los gastos de capital que involucran tanto la inversión con recursos propios como el costo de financiamiento durante cinco años, restando el valor de salvamento o recuperación de la inversión al final de los ocho años que conforman el período de evaluación. El segundo componente recoge el valor

presente de los los costos de operación a lo largo del horizonte de evaluación.

Posteriormente, se calcula el CTPA/km convirtiendo el CTP en una anualidad a 8 años, y dividiéndola entre el número de kilómetros recorridos en un año.

La **Tabla 2** resume los principales conceptos de costo directo a ser considerados en el cálculo de CTP para vehículos en el Perú.

No obstante, para efectos del presente documento, los gastos directos relacionados

a la contratación de trabajadores para la flota o gastos administrativos son indiferentes, ya que son comunes a cualquiera de los dos tipos de buses, por lo cual no se considerarán. Asimismo, tampoco se considerarán los gastos indirectos (dirección general de la empresa, estacionamiento de la flota, etc). El **Anexo 1** del presente documento presenta un cuadro con un resumen de los principales parámetros utilizados en doce estudios de cálculo de CTP, que nos permite conocer los tipos de vehículos para los cuales se ha realizado este cálculo, las variables que son

Tabla 2 - Principales costos directos asociados a la adquisición y posesión de vehículos en el Perú

Costos		VMCI	VE
Directos	Fijos	Costos de capital – Precio de adquisición del vehículo ○ Precio CIF ○ Derechos de aduana ○ Gastos internos de una agencia aduanera – Costo de financiamiento – Valor residual Costos de operación – Salario de conductores – Seguro vehicular – Impuesto al Patrimonio Vehicular	Costos de capital – Precio de adquisición del vehículo ○ Precio CIF ○ Derechos de aduana ○ Gastos internos de una agencia aduanera – Costo de financiamiento – Valor residual Costos de operación – Salario de conductores – Seguro vehicular – Impuesto al Patrimonio Vehicular
	Variables	Ineludibles – Costo de consumo de combustible – Costo de cambio de neumáticos – Costo de mantenimiento – Averías – Accidentes Eludibles – Multas – Peajes	Ineludibles – Costo de consumo de “combustible” – Costo de cambio de neumáticos – Costo de mantenimiento – Costo de cambio de baterías – Averías – Accidentes Eludibles – Multas – Peajes

Fuente: Elaboración propia.

consideradas y los parámetros que se utilizan para el análisis de sensibilidad respectivo.

Supuestos utilizados para el cálculo del CTP de buses en Lima Metropolitana

Si bien se reconoce la importancia de la flota de transporte público en todos los departamentos del Perú, el presente RAES se centra en las unidades en el área de Lima Metropolitana. Este es un análisis que puede ser extendido a las principales ciudades del país, donde las estadísticas señalan claramente la importancia de la flota de unidades de transporte público en el parque automotor.

Como ha sido desarrollado previamente, el CTP se calculará para kilómetros recorridos anualmente, por lo cual resulta útil conocer el número de kilómetros recorridos por las unidades de transporte público en Lima.

Al respecto, es razonable revisar la información relativa a los Corredores Complementarios. Si bien la gran mayoría de viajes se realizan actualmente mediante unidades de transporte regular (que pertenecen a un sistema de renovación de licencias municipales), el Estado ha optado por construir una red de Sistema Integrado de Transportes en la modalidad de concesión, como las realizadas con los Corredores Complementarios.

Como puede verse en la **Tabla 3**, estos cubren cinco rutas diferenciadas por colores (verde, azul, rojo, morado y amarillo), que han sido agrupadas en función de la distancia anual

promedio que recorren, asumiendo cuatro vueltas diarias a su ruta. Los Corredores Verde y Azul recorren las distancias más cortas con 34 909 km en promedio al año, mientras que el Corredor Amarillo recorre la distancia más larga con 104 010 kilómetros en promedio al año.

Tabla 3 – Distancia promedio recorrida según la longitud de la ruta

Distancia	Corredor	Rutas	Kilómetros recorridos	
			Por día	Por año
Corta	Verde	1	95.64	34 909
	Azul	4		
Media	Rojo	6	152.12	55 524
	Morado	4		
Larga	Amarillo	1	284.96	104 010

Fuente: ACTU. Elaboración propia.

Conforme se consigna en la **Tabla 4**, se han obtenido datos para un Bus Eléctrico a Batería (BEB) y asimismo, se hará el análisis para dos tipos de buses de combustión interna: aquellos que funcionan con diésel (BMCI-D) y aquellos que funcionan con gas natural vehicular (BMCI-GNV).

En los tres casos se asume una vida útil de 10 años y un horizonte de inversión de 8 años. De la misma forma, se asume una misma estructura deuda capital, independientemente de la tecnología, para determinar el porcentaje de la inversión que es financiada mediante un préstamo. Asimismo, en los tres casos, la tasa de descuento utilizada es de 11.68%, que corresponde al costo de oportunidad del capital propio, calculado utilizando el Modelo

Tabla 4 - Principales parámetros para el cálculo del escenario base del CTP de buses en Lima

Parámetro		Valor			Fuente
		BEB	BMCI-D	BMCI-GNV	
Vida útil de la carrocería		10 años	10 años	10 años	Hinicio (2017)
Horizonte de inversión		8 años	8 años	8 años	Hinicio (2017)
Precio CIF		USD 361 250	USD 124 569	USD 172 637	Hinicio (2017) ^[6]
Estructura del capital empresarial	Deuda	57%	57%	57%	Ramírez (2018)
	Patrimonio	43%	43%	43%	
Tasa Efectiva Anual (Préstamo)		16.83%	16.83%	16.83%	Comparabien ^[7]
Impuesto al Patrimonio Vehicular		USD 4263	USD 1470	USD 2037	MEF
Energía consumida		1.08 kWh/km	0.47 L/km	0.67 LEG/Km	Hinicio (2017); BYD (2019)
Precio de la energía		0.13 USD/KWh	0.82 USD/L	0.33 USD/LEG	Minem ^[8] ; Osinergmin ^[9]
Seguro AFOCAT		1463 USD	1463 USD	1463 USD	AFOCAT Región Lima ^[10]
Mantenimiento		0.05 USD/km	0.41 USD/km	0.36 USD/km	Torres (2006); BYD ^[11]
Valor de salvamento		82 255 USD	29 398 USD	40 742 USD	Cantillo (1999)

Fuente: Elaboración propia.

de Valoración de Activos Financieros (CAPM, por sus siglas en inglés) de Damodaran^[12].

Se asume que los vehículos son comprados con recursos de un préstamo a tasa efectiva anual de 16.83%, que corresponde a un promedio de los principales bancos, según información pública disponible, aunque se reconoce que esta tasa podría ser más competitiva para un concesionario de transporte público. Sin embargo, este aspecto es transversal a todos los tipos de vehículos, por lo cual no se introduce ningún sesgo en la comparación entre tipos de buses.

Asimismo, se considera el pago de impuesto al patrimonio vehicular (el **Anexo 2** incluye una relación de los impuestos aplicables).

Otra información recogida es el rendimiento (energía consumida) y el precio de la energía, así como un costo de mantenimiento por kilómetro y el valor de salvamento. Finalmente, se incluye el seguro obligatorio que debe ser contratado. En este caso, hemos obtenido la información de la Asociación de Fondos Regionales o Provinciales contra Accidentes de Tránsito (AFOCAT) que emiten los correspondientes Certificados contra Accidentes de Tránsito (CAT), una alternativa similar al Seguro Obligatorio contra Accidentes de Tránsito (SOAT), que es utilizada por las unidades de transporte público.

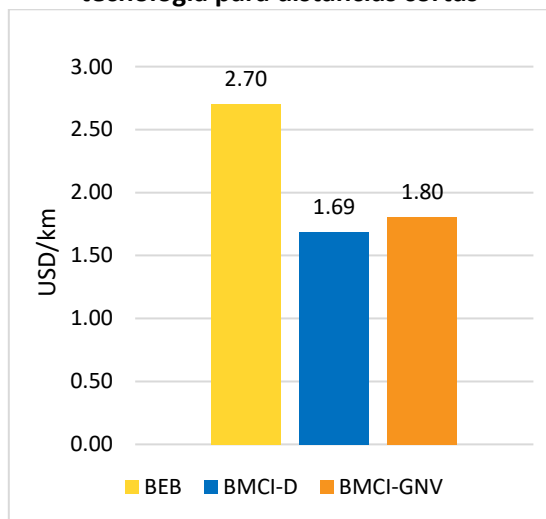
Resultados obtenidos

Con los supuestos mencionados en la sección anterior, se obtiene el cálculo del CTPA/km en el escenario base (el detalle de este cálculo puede encontrarse en el **Anexo 3**).

Los resultados, que reflejan el grado de competitividad de las diferentes tecnologías de buses, muestran que este depende de la distancia a ser recorrida por el vehículo^[13].

Así, para distancias cortas, los BMCI son notablemente más competitivos que el BEB. El CTPA/km de un BEB es 60% mayor que el de un BMCI-D y 50% mayor que el de un BMCI-GNV (ver **Gráfico 2**).

Gráfico 2 – CTPA/km de buses por tipo de tecnología para distancias cortas

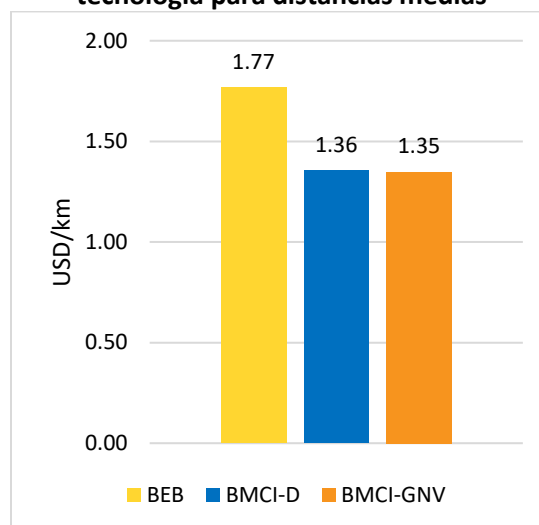


Fuente: Elaboración propia.

En el caso de las distancias medias, aunque las diferencias se acortan con respecto al escenario de distancias cortas, el BEB continúa no siendo suficientemente competitivo. Así, el BMCI-GNV es el vehículo menos costoso por kilómetro recorrido,

aunque por una diferencia mínima con el BMCI-D (ver **Gráfico 3**).

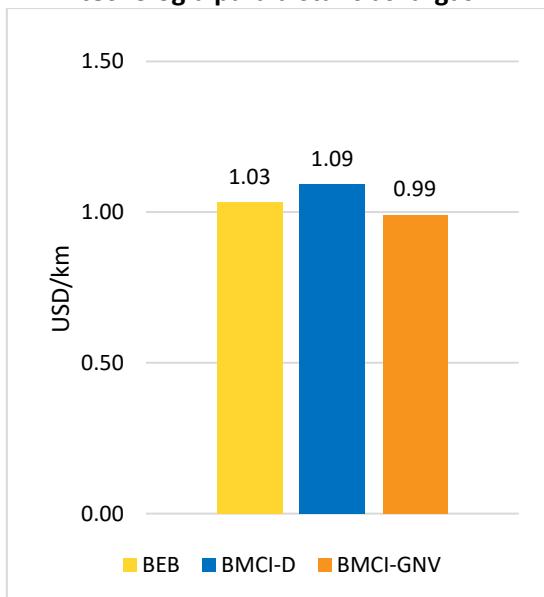
Gráfico 3 – CTPA/km de buses por tipo de tecnología para distancias medias



Fuente: Elaboración propia.

Finalmente, para las distancias largas, el CTPA/km del BEB se vuelve ligeramente más competitivo que los BMCI-D (6% menor), pero continúa estando por encima de los BMCI-GNV (4% mayor). Dados estos márgenes tan reducidos, y considerando que los cálculos se han realizado sobre la base de supuestos que podrían variar, podemos afirmar que, para distancias largas, no existe diferencia significativa entre el CTPA/km de los tres tipos de tecnologías (ver **Gráfico 4**).

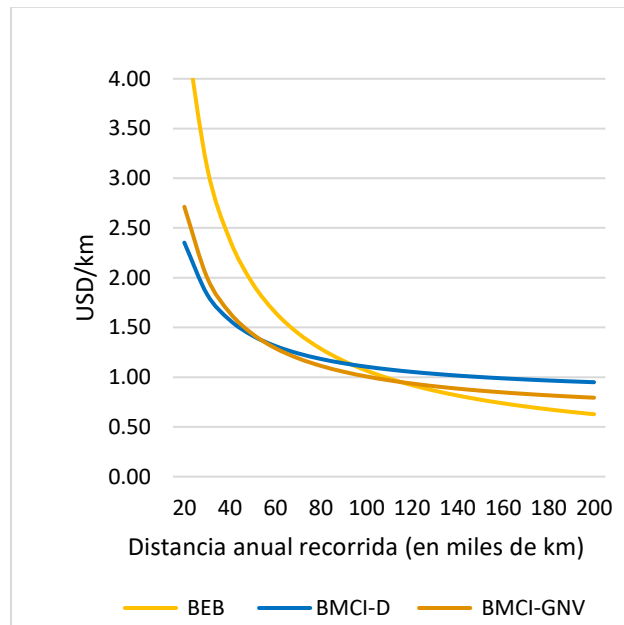
Gráfico 4 – CTPA/km de buses por tipo de tecnología para distancias largas



Fuente: Elaboración propia.

El **Gráfico 5** resume los resultados obtenidos por tecnología para distintos niveles de distancia recorrida.

Gráfico 5 – CTPA/km por tipo de tecnología y distancia recorrida



Fuente: Elaboración propia.

De esta forma, con información consignada en la **Tabla 3** y con las actuales condiciones de mercado, de las 16 rutas cubiertas por los cinco Corredores Complementarios, únicamente sería competitivo implementar BEB en la ruta recorrida por el Corredor Amarillo, que recorre más de 100 000 km al año.

Al revisar la estructura del CTPA/km (ver **Anexo 3**), para el BEB, el costo de capital (conformado por la inversión inicial, el costo de financiamiento y el valor de salvamento) es mayor que el costo de operación y mantenimiento, independientemente de la distancia recorrida por el vehículo.

Lo mismo se observa para los BMCI-D y BMCI-GNV, en las distancias corta y media, y con una diferencia menor entre los valores.

Análisis de sensibilidad

Como se ha mencionado, los cálculos presentados en el presente RAES están basados en supuestos para los valores propuestos, por lo cual resulta razonable realizar un análisis de sensibilidad que nos permita determinar el grado de afectación de los resultados ante cambios en ciertas variables.

En particular, este análisis se realiza con respecto al CTPA/km de los BEB, a fin de determinar qué variables tienen mayor impacto y, por tanto, tienen más potencial para incrementar la competitividad de esta tecnología

El análisis de sensibilidad (cuyo detalle puede verse en el **Anexo 4**), muestra que las variables que más impactan en el CTPA/km de los BEB son el costo del financiamiento y el IGV (incluido el IPM). En términos de políticas públicas, de existir la decisión de impulsar esta tecnología como solución a los problemas de salud y ambientales originados por la actual flota de transporte público, la reducción o exoneración del IGV así como los préstamos a tasas concesionales son herramientas que tienen el mayor potencial para promover la electromovilidad. Asimismo, dependiendo de la distancia, el costo de la energía eléctrica también puede tener un impacto importante en el CTPA/km de los BEB.

Conclusiones y comentarios finales

- El presente documento se centra en los vehículos de transporte masivo de pasajeros (buses), pues la mayoría de la población en las principales ciudades del Perú se movilizan mediante transporte público. Con el fin de generar un mayor impacto en el bienestar de la sociedad, desde el punto de vista de las políticas públicas, la promoción de la electromovilidad debe acompañar el proceso de reforma del sistema de transporte público.
- El CTP es una aplicación del indicador financiero conocido como VAN, que nos permite conocer el valor presente de los costos asociados a la adquisición y operación de un vehículo a lo largo de un número determinado de años.
- El CTP es de particular utilidad ya que, si bien los buses eléctricos son más costosos que sus pares (BMCI-D y BMCI-GNV), sus costos de operación y mantenimiento son menores.
- Tomando en consideración la información de recorridos de los cinco Corredores Complementarios de Lima Metropolitana, se calcula el CTPA/km para cada tipo de tecnología (BEB, BMCI-D y BMCI-GNV) para tres distancias: corta, media y larga.

- Los resultados muestran que la mejor tecnología (medida por el rendimiento que indica el CTPA/km) depende de la distancia a ser recorrida por el vehículo.
 - Para distancias cortas, los BMCI son más competitivos que el BEB. El CTPA/km de un BEB es 60% mayor que el de un BMCI-D y 50% mayor que el de un BMCI-GNV.
 - Para distancias medias, el BMCI-GNV es el vehículo menos costoso por kilómetro recorrido.
 - Para distancias largas, no existe diferencia significativa en el CTPA/km entre los tres tipos de tecnologías. El BEB puede ser más competitivo para distancias muy largas.
- El análisis de sensibilidad, nos permite concluir que las variables que más impactan en el CTPA/km de un BEB son el IGV (incluido el IPM), el costo del financiamiento y el costo de la electricidad.
- Los resultados evidencian que los BEB ganan competitividad conforme la distancia recorrida por los buses es mayor.
- Los incentivos para la promoción de electromovilidad que tienen lugar en distintos lugares del mundo se basan en los beneficios sociales.
- Los resultados del presente documento contribuyen, sobre la base de una metodología razonable, a la discusión de las diferentes aristas de la sostenibilidad de la tecnología de vehículos eléctricos en el mercado local, en un contexto de reducción del precio internacional de los combustibles.

Anexos

Anexo 1 – Comparación internacional de los casos de estudio identificados

Autor(es)		Pihlatie <i>et al.</i>	Nurhadi <i>et al.</i>	Mohamed <i>et al.</i>	Hooftman <i>et al.</i>	BNEF	Transport & Environment	Sheth y Sarkar	Restrepo	Bellido <i>et al.</i>	Lebeau <i>et al.</i>	Wu <i>et al.</i>	Gómez-Gélvez <i>et al.</i>
Año		2014	2014	2016	2018	2018	2018	2019	2018	2018	2013	2015	2016
País/región		Finlandia	Suecia	Varios	Unión Europea	Varios	Unión Europea	India	Colombia	Perú	Bélgica	Alemania	Latinoamérica
Horizonte de estudio		12 años	8 años	12 años	10 años	15 años	8 años	25 años	10 años	10 años	7 años	6 años	8 años
Tipo de vehículo	BMCi	✓		✓	✓	✓	✓	✓					
	BEB	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓			
	BEH			✓	✓								
	BEPC			✓									
	Trolebús								✓				
	BGNV				✓	✓				✓			
	VMCI										✓	✓	✓
	VEB										✓	✓	✓
	VEH										✓	✓	✓
	VEHE											✓	
Variables	Precio de venta	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Precio de la energía	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Mantenimiento	✓	✓		✓			✓		✓	✓	✓	✓
	Infraestructura de carga	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓				✓
	Financiamiento			✓			✓	✓		✓			✓
	Impuestos		✓	✓				✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Seguros				✓			✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Otras	Disolución de úrea	Calefacción				Costos externos por afectar la salud pública y el ambiente	Costos externos por afectar la salud pública y el ambiente	Salarios	Salarios	Reemplazo de la batería	Estacionamiento	Valor residual
Parámetros para el análisis de sensibilidad	Precio de venta										✓	✓	
	Distancia recorrida	✓	✓								✓	✓	
	Tiempo de operación	✓	✓		✓						✓		
	Ciclo de vida de la batería	✓			✓								
	Precio de la batería	✓	✓								✓	✓	
	Precio de la electricidad	✓	✓			✓				✓	✓		
	Precio del combustible	✓	✓			✓				✓	✓	✓	
	Costo de mantenimiento		✓								✓	✓	
	Tasa de descuento		✓								✓		
	Otros		Precio de la infraestructura de carga Impuesto sobre el carbono									Seguro vehicular	
Resultados		Los BEB aún no son una opción rentable frente a los BMCi. No obstante, si se incrementa la distancia recorrida diaria, los BEB de rango corto tienen un CTP menor.	Para una recorrida diario entre 200 a 300 km, un BEB con una batería adicional y dos cargadores de carga lenta es más rentable que otro con una batería adicional y dos cargadores de carga rápida.	La penetración exitosa de los buses eléctricos en un país dependerá mucho del contexto de cada país. Muestran las ventajas de estos sobre los BMCi comparando 16 parámetros divididos en cuatro bloques (económico, operativo, ambiental y energético).	Un BEB es la opción más rentable frente a un BMCi, un BGNV, sin embargo, un BEH aún no logra estar por debajo del costo de ellos.	Entre sus resultados señala que, dadas las condiciones y políticas actuales, los BEB ya pueden ser más baratos en términos de CTP que los buses convencionales de hoy.	El hecho que un BMCi emita partículas contaminantes que afecten la salud pública y el ambiente hace que sus costo sea mayor que el de un BEB, sin embargo esto no sucede si dicha variable es omitida.	Según el análisis, el CTP de un BEB es significativamente menor que el de un BMCi, incluso si se ignoran los costos externos de la contaminación.	El hecho que los BEB no dependan de la instalación de líneas aéreas de contacto hace que contar con más de dos cargadores en ruta para cubrir una mayor distancia lo conviertan en la opción más rentables frente a los trolebuses.	los autores proponen incentivos a favor de la electromovilidad (subsidios y beneficios fiscales y financieros) que harían que los BEB sean más rentables frente a un BGNV, debido a que las condiciones actuales no lo permiten.	El costo que implica poseer un vehículo eléctrico de tamaño menor o medio aún es competitivo ante un VMCI.	Los resultados afirman que, a 2025, la distancia que recorra un vehículo eléctrico será un determinante para que su CTP sea menor al de un VMCI.	El CTP de un VMCI es menor que el de sus pares eléctricos y resaltan que, para estos últimos, la reducción en su costo del seguro y de operación y mantenimiento no compensa su alto costo de compra.

Fuente: Pihlatie *et al.* (2014); Nurhadi *et al.* (2014); Mohamed *et al.* (2016); Hooftman *et al.* (2018); BNEF (2018); Transport & Environment (2018); Sheth y Sarkar (2019); Restrepo (2018); Bellido *et al.* (2018); Lebeau *et al.* (2013); Wu *et al.* (2015) y Gómez-Gélvez *et al.* (2016).
Elaboración propia.

Lista de estudios revisados:

1. Bellido, D., De la Cruz, G., Hidalgo, J., Oré, L., & Taype, L. (2018). *Análisis de la propuesta de incentivos para implementar buses eléctricos en el transporte público de Lima: viabilidad normativa y económica desde el sector privado y público.*
2. Bloomberg New Energy Finance. (2018). *Electric Buses in Cities: Driving Towards Cleaner Air and Lower CO₂.*
3. Gómez-Gélvez, J., Mojica, C., Kaul, V., & Isla, L. (2016). *La incorporación de los vehículos eléctricos en América Latina.*
4. Hooftman, N., Messagie, M., & Coosemans, T. (2018). *Analysis of the Potential for Electric Buses.*
5. Lebeau, K., Lebeau, P., Macharis, C., & Van Mierlo, J. (2013). *How expensive are electric vehicles? A total cost of ownership analysis.* World Electric Vehicle Journal, 6, 996-1007.
6. Mohamed, M., Garnett, R., Ferguson, M., & Kanaroglou, P. (2016). *Electric Buses: A Review of Alternative Powertrains.*
7. Nurhadi, L., Borén, S., & Ny, H. (2014). *A Sensitivity Analysis of Total Cost of Ownership for Electric Public Bus Transport Systems in Swedish Medium Sized Cities.*
8. Pihlatie, M., Kukkonen, S., Halmeaho, T., Karvonen, V., & Nylund, N.-O. (2014). *Fully Electric City Buses: The Viable Option.*
9. Restrepo, P. (2018). *Metodología para la Implementación de Buses Eléctricos con Baterías Litio-Titanato en la Ruta Circular Sur 302 de Medellín, Colombia.*
10. Sheth, A., & Sarkar, D. (2019). *Life Cycle Cost Analysis for Electric vs. Diesel Bus Transit in an Indian Scenario.*
11. Transport & Environment. (2018). *Electric Buses Arrive on Time: Marketplace, Economic, Technology, Environmental and Policy Perspectives for Fully Electric Buses in the EU.*
12. Wu, G., Inderbitzin, A., & Bening, C. (2015). *Total cost of ownership of electric vehicles compared to conventional vehicles: A probabilistic analysis and projection across market segments.* Energy Policy, 80, 196-214.

Anexo 2 – Impuestos aplicables a la adquisición de vehículos

Debido a que los vehículos no son fabricados en Perú, estos deben ser importados, pudiendo pagar, en teoría, hasta cuatro tributos, cuyo cálculo se realiza sobre la base del precio CIF, es decir, el valor de importación que incluye costo, seguro y flete.

1. **Arancel *ad-valorem*:** Es un impuesto que se aplica a los bienes importados. Se calcula como un porcentaje del valor de la importación CIF, a diferencia del arancel específico que corresponde a una determinada cantidad de unidades monetarias por unidad de volumen de importación. Se aplica tomando en consideración del Decreto Supremo N° 342-2016-EF.
2. **Impuesto General a las Ventas (IGV):** Es como se conoce en el Perú al Impuesto al Valor Agregado (IVA), que grava el consumo como manifestación de la capacidad contributiva de las personas. Grava todas las fases del ciclo de producción y distribución, está orientado a ser asumido por el consumidor final, encontrándose normalmente en el precio de compra de los productos que adquiere. La tasa actual es de 16%.
3. **Impuesto de Promoción Municipal (IPM):** Está estrechamente ligado al IGV, en virtud de lo establecido por el TUO de la Ley de Tributación Municipal, aprobado mediante DS N° 156-2004-EF, el cual menciona que el Impuesto de Promoción Municipal grava con una tasa del 2% las operaciones afectas al régimen del IGV.
4. **Impuesto selectivo al consumo (ISC):** A diferencia del IGV, solo se aplica a determinados bienes. Uno de sus objetivos es desincentivar el consumo de productos que generan externalidades negativas a nivel individual, social o medioambiental (bebidas alcohólicas, cigarrillos, combustibles, etc.). Sin embargo, también busca atenuar la regresividad del IGV, pues exige una mayor carga a los consumidores que evidencian, a través de la compra de bienes suntuosos o de lujo (como automóviles) que poseen una mayor capacidad de contribuir. Se aplica según la subpartida arancelaria a la que pertenezca el vehículo tomando en cuenta el Texto Único Ordenado (TUO) de la Ley del Impuesto General a las Ventas e Impuesto Selectivo al Consumo, aprobado mediante DS N° 055-99-EF, el cual fue modificado en el año 2018 y 2019, mediante DS N° 095-2018-EF y DS N° 181-2019-EF, respectivamente*.

Asimismo, debe precisarse que una vez adquirido el vehículo, el dueño de este deberá pagar el Impuesto al Patrimonio Vehicular, que se rige bajo la misma normativa que el IPM y grava la propiedad de los vehículos automóviles, camionetas, station wagon, camiones, buses y ómnibus, con una antigüedad no mayor de 3 años, contados a partir de su primera inscripción en el Registro de Propiedad Vehicular. También conocido como Impuesto Vehicular, en Lima Metropolitana, si

cobro está a cargo del Servicio de Administración Tributaria (SAT), adscrito a la Municipalidad Metropolitana de Lima.

* Se elevó el ISC en todas las escalas. Así, los autos nuevos a gasolina empezaron a pagar un 10%. Igualmente, la tasa para vehículos nuevos a diésel subió de 10% a 20%. En tanto, para unidades usadas, el incremento fue de 30% a 40%. No obstante, se produjo una reducción de la tasa impositiva de 30% a 10% a los vehículos usados que usen gas y duales (gasolina con gas).

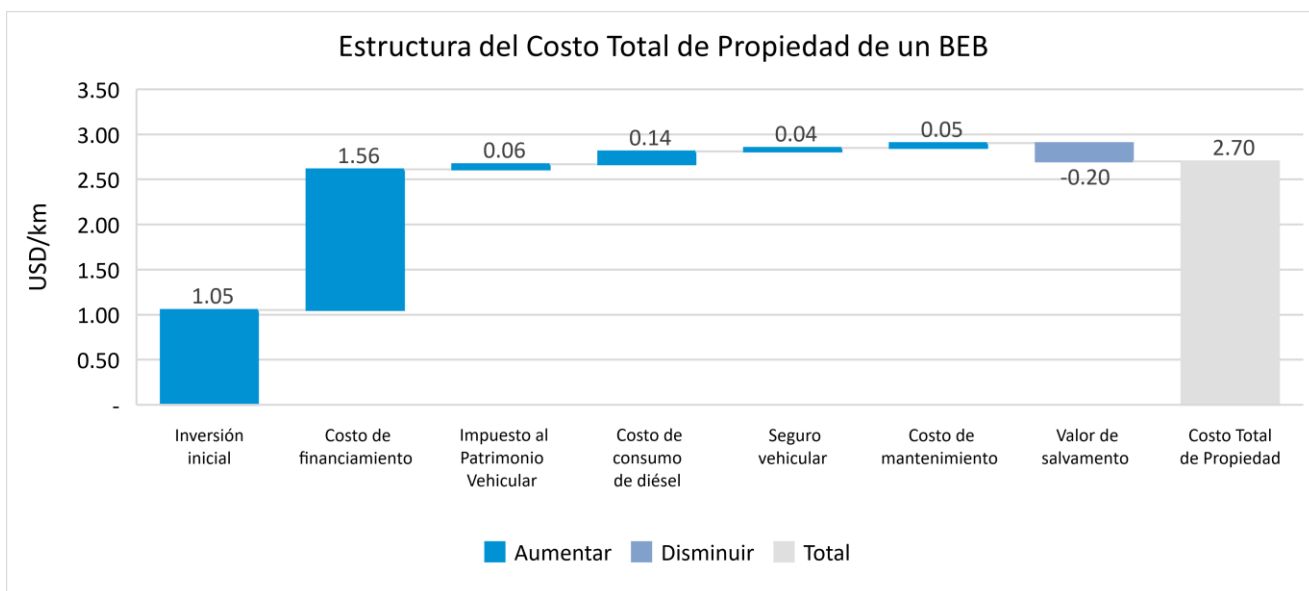
Posteriormente, se cambió el esquema tributario para los vehículos nuevos a gasolina, creando tres categorías que dependen de la cilindrada. Con relación a los autos usados, la principal medida fue incrementar la tasa de los autos usados a gas de 10% a 40%, dejando sin efecto el Decreto Supremo anterior.

Anexo 3 – Cálculo del CTPA/km (Escenario Base)

1. Distancia Corta

a) BEB

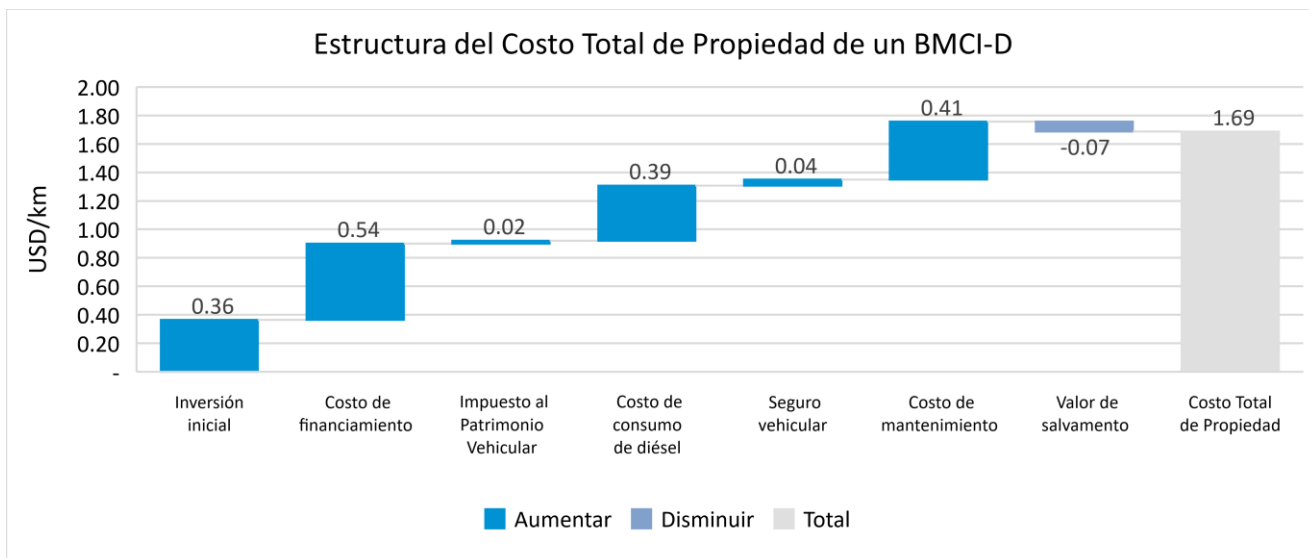
	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8
Inversión inicial	\$ 184,748								
Costo de financiamiento		\$ 75,202	\$ 75,202	\$ 75,202	\$ 75,202	\$ 75,202			
Capital amortizado		\$ 34,547	\$ 40,362	\$ 47,156	\$ 55,094	\$ 64,368			
Interés a pagar		\$ 40,655	\$ 34,840	\$ 28,046	\$ 20,108	\$ 10,835			
Impuestos (IPV)		\$ 4,263	\$ 4,263	\$ 4,263					
Costo de consumo de electricidad		\$ 4,864	\$ 4,864	\$ 4,864	\$ 4,864	\$ 4,864	\$ 4,864	\$ 4,864	\$ 4,864
Seguro		\$ 1,463	\$ 1,463	\$ 1,463	\$ 1,463	\$ 1,463	\$ 1,463	\$ 1,463	\$ 1,463
Costo de mantenimiento		\$ 1,745	\$ 1,745	\$ 1,745	\$ 1,745	\$ 1,745	\$ 1,745	\$ 1,745	\$ 1,745
Valor de salvamento		\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -85,255
Flujo Financiero de Egresos	\$ 184,748	\$ 87,537	\$ 87,537	\$ 87,537	\$ 83,274	\$ 83,274	\$ 8,072	\$ 8,072	\$ -77,183



Fuente: Elaboración propia.

b) BMCI-D

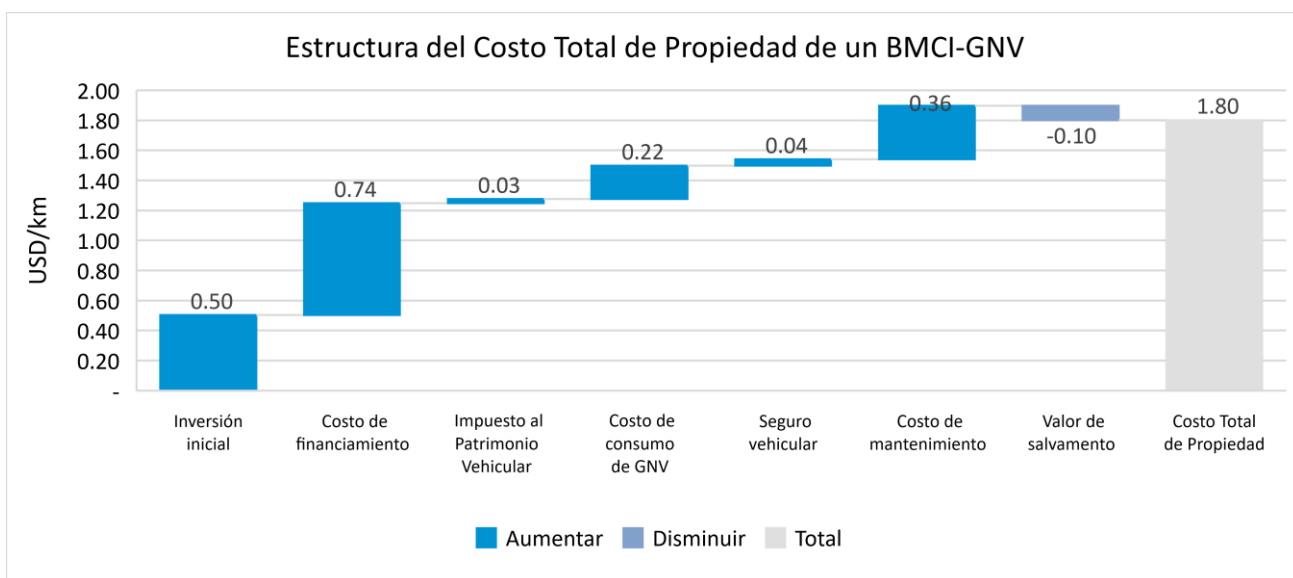
	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8
Inversión inicial	\$ 63,706								
Costo de financiamiento		\$ 25,932	\$ 25,932	\$ 25,932	\$ 25,932	\$ 25,932			
Capital amortizado		\$ 11,913	\$ 13,918	\$ 16,261	\$ 18,998	\$ 22,196			
Interés a pagar		\$ 14,019	\$ 12,014	\$ 9,671	\$ 6,934	\$ 3,736			
Impuestos (IPV)		\$ 1,470	\$ 1,470	\$ 1,470					
Costo de consumo de diésel		\$ 13,511	\$ 13,511	\$ 13,511	\$ 13,511	\$ 13,511	\$ 13,511	\$ 13,511	\$ 13,511
Seguro		\$ 1,463	\$ 1,463	\$ 1,463	\$ 1,463	\$ 1,463	\$ 1,463	\$ 1,463	\$ 1,463
Costo de mantenimiento		\$ 14,184	\$ 14,184	\$ 14,184	\$ 14,184	\$ 14,184	\$ 14,184	\$ 14,184	\$ 14,184
Valor de salvamento		\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -29,398
Flujo Financiero de Egresos	\$ 63,706	\$ 56,559	\$ 56,559	\$ 56,559	\$ 55,089	\$ 55,089	\$ 29,157	\$ 29,157	\$ -241



Fuente: Elaboración propia.

c) BMCI-GNV

	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8
Inversión inicial	\$ 88,289								
Costo de financiamiento		\$ 35,938	\$ 35,938	\$ 35,938	\$ 35,938	\$ 35,938			
Capital amortizado		\$ 16,510	\$ 19,289	\$ 22,535	\$ 26,329	\$ 30,760			
Interés a pagar		\$ 19,429	\$ 16,650	\$ 13,403	\$ 9,610	\$ 5,178			
Impuestos (IPV)		\$ 2,037	\$ 2,037	\$ 2,037					
Costo de consumo de GNV		\$ 7,759	\$ 7,759	\$ 7,759	\$ 7,759	\$ 7,759	\$ 7,759	\$ 7,759	\$ 7,759
Seguro		\$ 1,463	\$ 1,463	\$ 1,463	\$ 1,463	\$ 1,463	\$ 1,463	\$ 1,463	\$ 1,463
Costo de mantenimiento		\$ 12,501	\$ 12,501	\$ 12,501	\$ 12,501	\$ 12,501	\$ 12,501	\$ 12,501	\$ 12,501
Valor de salvamento		\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -40,742
Flujo Financiero de Egresos	\$ 88,289	\$ 59,698	\$ 59,698	\$ 59,698	\$ 57,661	\$ 57,661	\$ 21,723	\$ 21,723	\$ -19,019

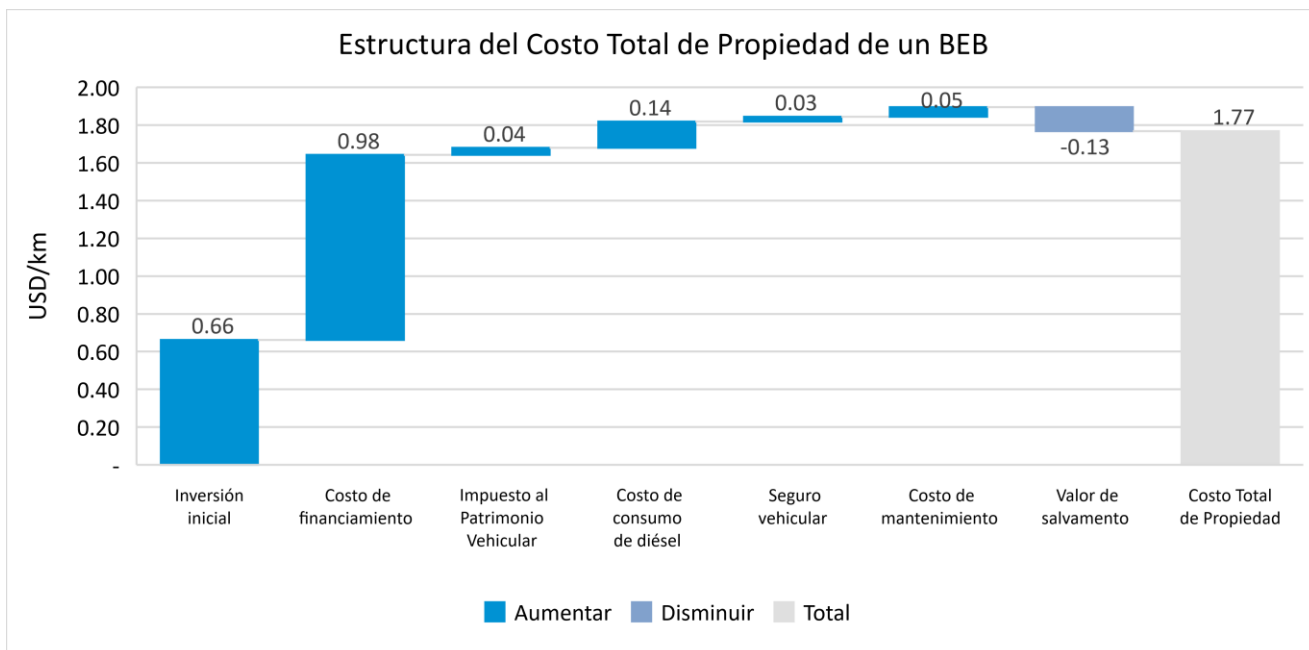


Fuente: Elaboración propia.

2. Distancia Media

a) BEB

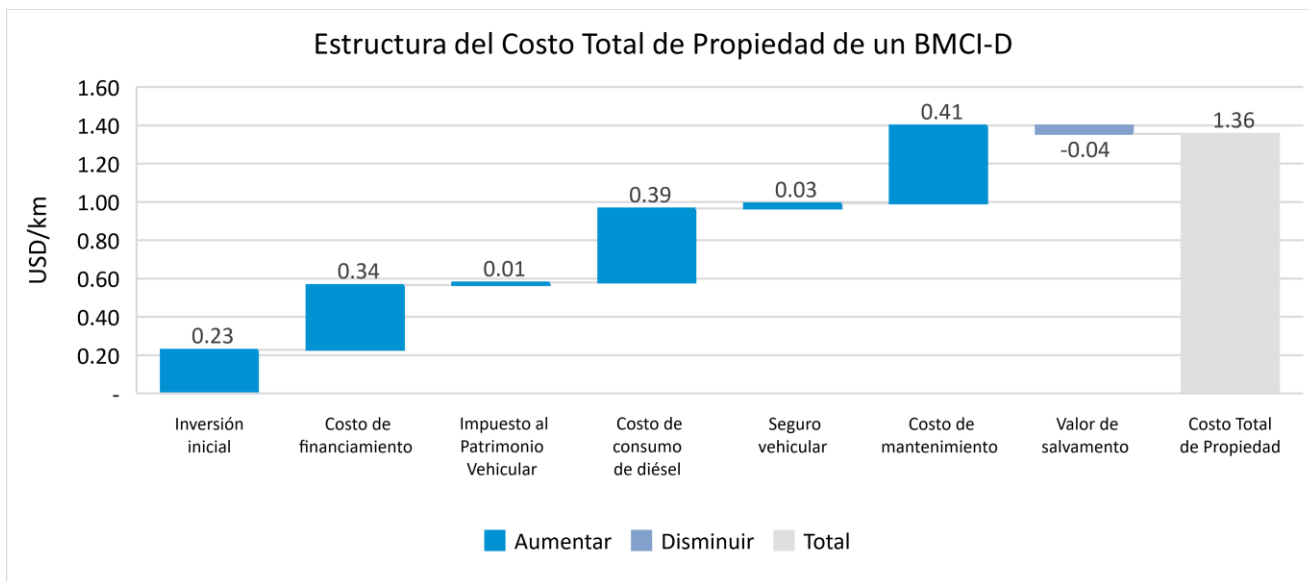
	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8
Inversión inicial	\$ 184,748								
Costo de financiamiento		\$ 75,202	\$ 75,202	\$ 75,202	\$ 75,202	\$ 75,202			
Capital amortizado		\$ 34,547	\$ 40,362	\$ 47,156	\$ 55,094	\$ 64,368			
Interés a pagar		\$ 40,655	\$ 34,840	\$ 28,046	\$ 20,108	\$ 10,835			
Impuestos (IPV)		\$ 4,263	\$ 4,263	\$ 4,263					
Costo de consumo de electricidad		\$ 7,736	\$ 7,736	\$ 7,736	\$ 7,736	\$ 7,736	\$ 7,736	\$ 7,736	\$ 7,736
Seguro		\$ 1,463	\$ 1,463	\$ 1,463	\$ 1,463	\$ 1,463	\$ 1,463	\$ 1,463	\$ 1,463
Costo de mantenimiento		\$ 2,776	\$ 2,776	\$ 2,776	\$ 2,776	\$ 2,776	\$ 2,776	\$ 2,776	\$ 2,776
Valor de salvamento		\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -85,255
Flujo Financiero de Egresos	\$ 184,748	\$ 91,440	\$ 91,440	\$ 91,440	\$ 87,177	\$ 87,177	\$ 11,975	\$ 11,975	\$ -73,280



Fuente: Elaboración propia.

b) BMCI-D

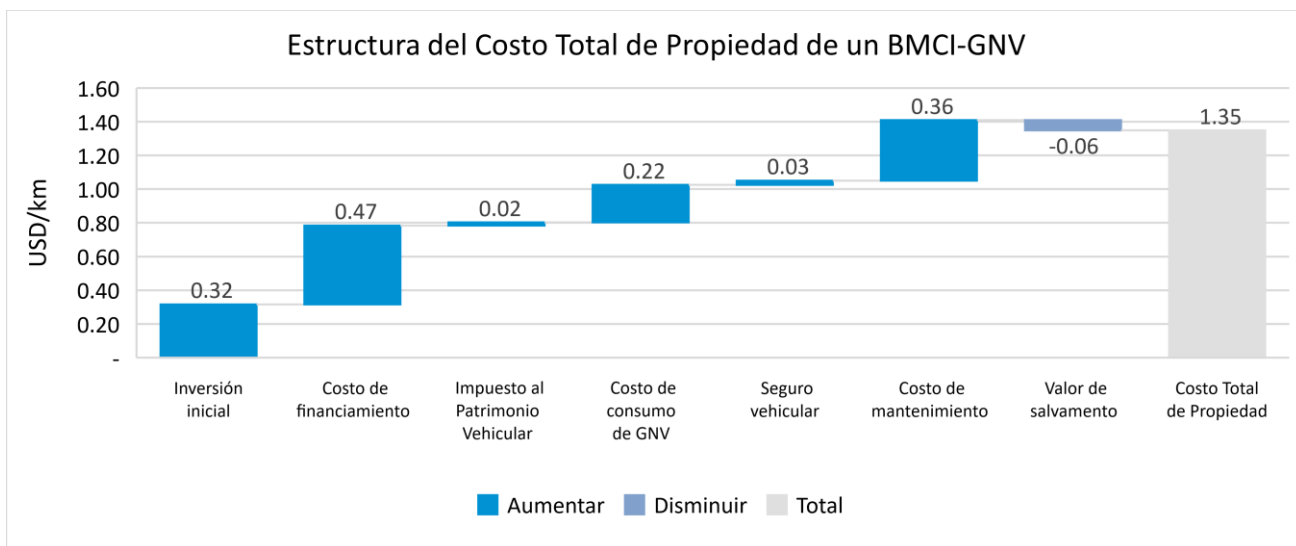
	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8
Inversión inicial	\$ 63,706								
Costo de financiamiento		\$ 25,932	\$ 25,932	\$ 25,932	\$ 25,932	\$ 25,932			
Capital amortizado		\$ 11,913	\$ 13,918	\$ 16,261	\$ 18,998	\$ 22,196			
Interés a pagar		\$ 14,019	\$ 12,014	\$ 9,671	\$ 6,934	\$ 3,736			
Impuestos (IPV)		\$ 1,470	\$ 1,470	\$ 1,470					
Costo de consumo de diésel		\$ 21,489	\$ 21,489	\$ 21,489	\$ 21,489	\$ 21,489	\$ 21,489	\$ 21,489	\$ 21,489
Seguro		\$ 1,463	\$ 1,463	\$ 1,463	\$ 1,463	\$ 1,463	\$ 1,463	\$ 1,463	\$ 1,463
Costo de mantenimiento		\$ 22,560	\$ 22,560	\$ 22,560	\$ 22,560	\$ 22,560	\$ 22,560	\$ 22,560	\$ 22,560
Valor de salvamento		\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -29,398
Flujo Financiero de Egresos	\$ 63,706	\$ 72,914	\$ 72,914	\$ 72,914	\$ 71,444	\$ 71,444	\$ 45,512	\$ 45,512	\$ 16,114



Fuente: Elaboración propia.

c) BMCI-GNV

	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8
Inversión inicial	\$ 88,289								
Costo de financiamiento		\$ 35,938	\$ 35,938	\$ 35,938	\$ 35,938	\$ 35,938			
Capital amortizado		\$ 16,510	\$ 19,289	\$ 22,535	\$ 26,329	\$ 30,760			
Interés a pagar		\$ 19,429	\$ 16,650	\$ 13,403	\$ 9,610	\$ 5,178			
Impuestos (IPV)		\$ 2,037	\$ 2,037	\$ 2,037					
Costo de consumo de GNV		\$ 12,341	\$ 12,341	\$ 12,341	\$ 12,341	\$ 12,341	\$ 12,341	\$ 12,341	\$ 12,341
Seguro		\$ 1,463	\$ 1,463	\$ 1,463	\$ 1,463	\$ 1,463	\$ 1,463	\$ 1,463	\$ 1,463
Costo de mantenimiento		\$ 19,884	\$ 19,884	\$ 19,884	\$ 19,884	\$ 19,884	\$ 19,884	\$ 19,884	\$ 19,884
Valor de salvamento		\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -40,742
Flujo Financiero de Egresos	\$ 88,289	\$ 71,663	\$ 71,663	\$ 71,663	\$ 69,626	\$ 69,626	\$ 33,688	\$ 33,688	\$ -7,055

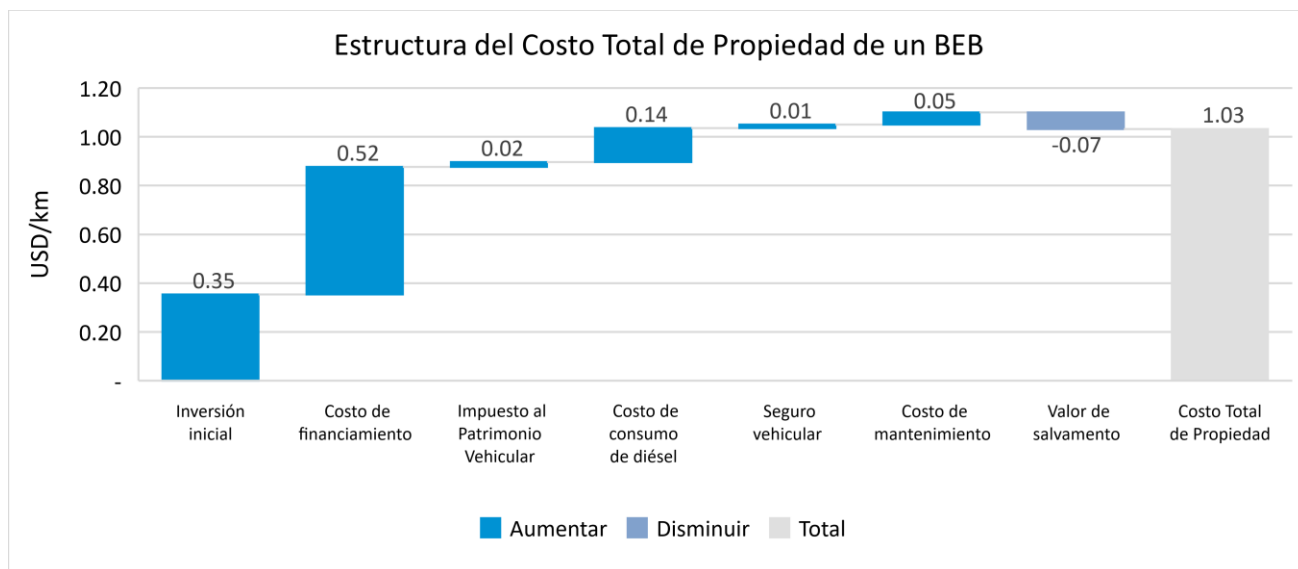


Fuente: Elaboración propia.

3. Distancia Larga

a) BEB

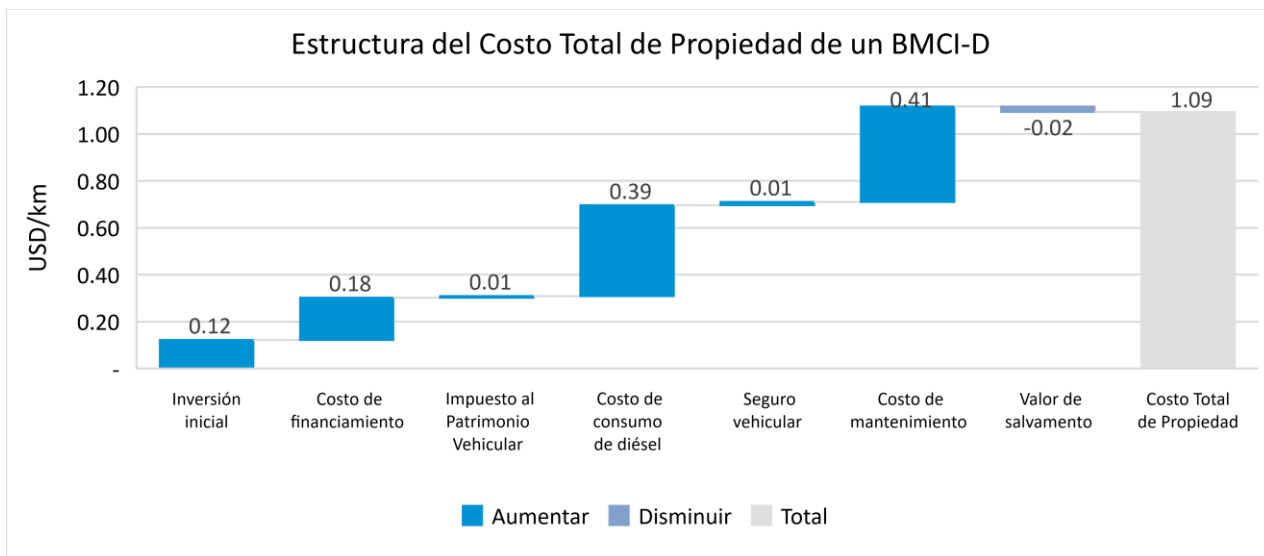
	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8
Inversión inicial	\$ 184,748								
Costo de financiamiento		\$ 75,202	\$ 75,202	\$ 75,202	\$ 75,202	\$ 75,202			
Capital amortizado		\$ 34,547	\$ 40,362	\$ 47,156	\$ 55,094	\$ 64,368			
Interés a pagar		\$ 40,655	\$ 34,840	\$ 28,046	\$ 20,108	\$ 10,835			
Impuestos (IPV)		\$ 4,263	\$ 4,263	\$ 4,263					
Costo de consumo de electricidad		\$ 14,491	\$ 14,491	\$ 14,491	\$ 14,491	\$ 14,491	\$ 14,491	\$ 14,491	\$ 14,491
Seguro		\$ 1,463	\$ 1,463	\$ 1,463	\$ 1,463	\$ 1,463	\$ 1,463	\$ 1,463	\$ 1,463
Costo de mantenimiento		\$ 5,201	\$ 5,201	\$ 5,201	\$ 5,201	\$ 5,201	\$ 5,201	\$ 5,201	\$ 5,201
Valor de salvamento		\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -85,255
Flujo Financiero de Egresos	\$ 184,748	\$ 100,620	\$ 100,620	\$ 100,620	\$ 96,357	\$ 96,357	\$ 21,154	\$ 21,154	\$ -64,101



Fuente: Elaboración propia.

b) BMCI-D

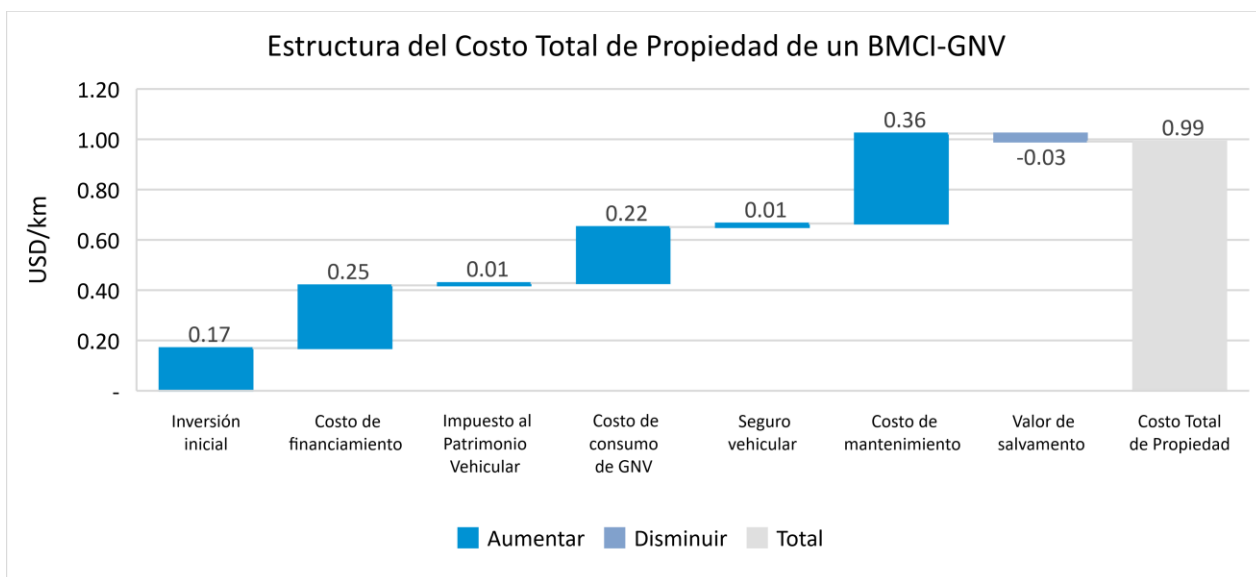
	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8
Inversión inicial	\$ 63,706								
Costo de financiamiento		\$ 25,932	\$ 25,932	\$ 25,932	\$ 25,932	\$ 25,932			
Capital amortizado		\$ 11,913	\$ 13,918	\$ 16,261	\$ 18,998	\$ 22,196			
Interés a pagar		\$ 14,019	\$ 12,014	\$ 9,671	\$ 6,934	\$ 3,736			
Impuestos (IPV)		\$ 1,470	\$ 1,470	\$ 1,470					
Costo de consumo de diésel		\$ 40,255	\$ 40,255	\$ 40,255	\$ 40,255	\$ 40,255	\$ 40,255	\$ 40,255	\$ 40,255
Seguro		\$ 1,463	\$ 1,463	\$ 1,463	\$ 1,463	\$ 1,463	\$ 1,463	\$ 1,463	\$ 1,463
Costo de mantenimiento		\$ 42,261	\$ 42,261	\$ 42,261	\$ 42,261	\$ 42,261	\$ 42,261	\$ 42,261	\$ 42,261
Valor de salvamento		\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -29,398
Flujo Financiero de Egresos	\$ 63,706	\$ 111,380	\$ 111,380	\$ 111,380	\$ 109,910	\$ 109,910	\$ 83,978	\$ 83,978	\$ 54,580



Fuente: Elaboración propia.

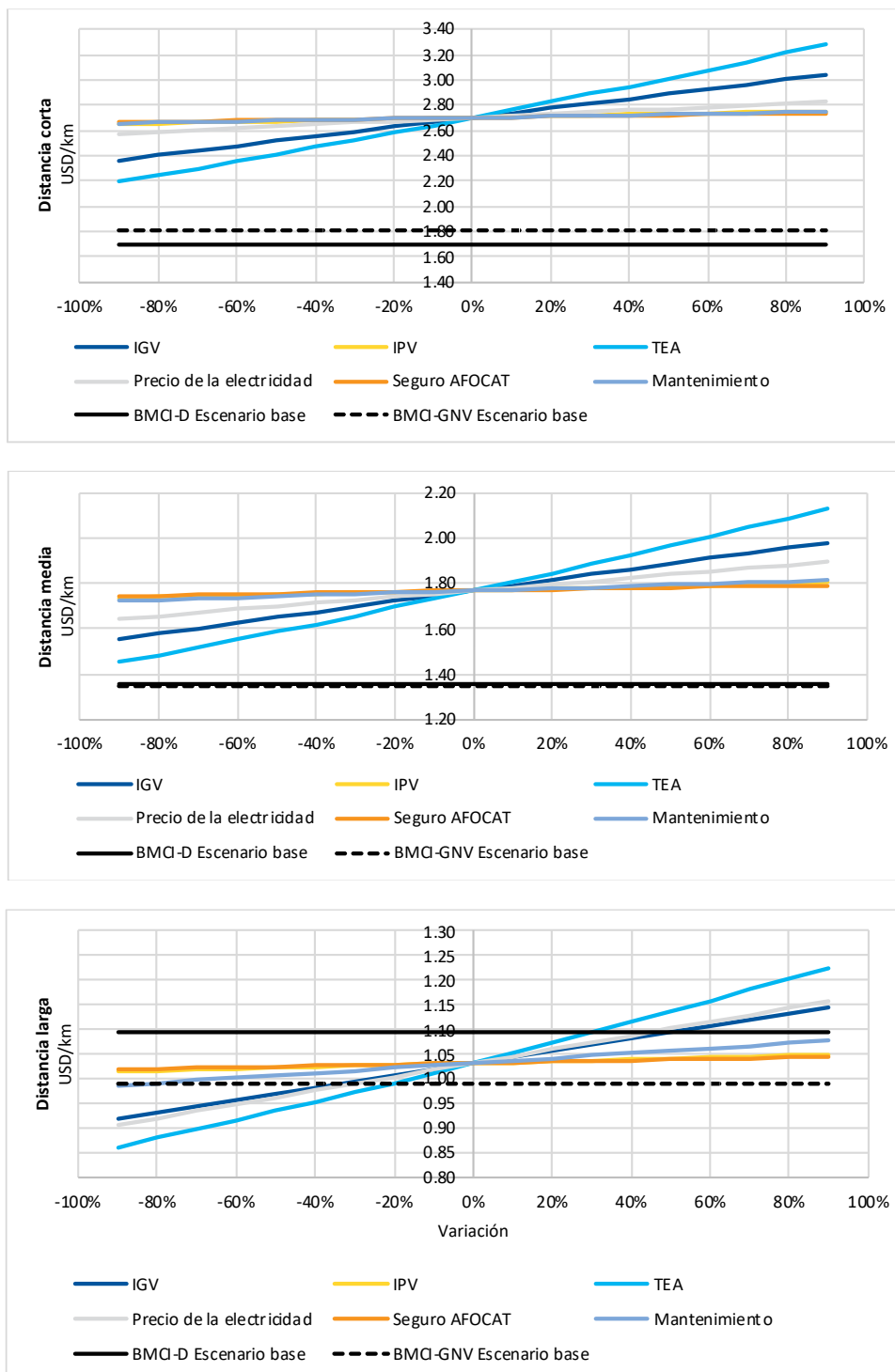
c) BMCI-GNV

	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8
Inversión inicial	\$ 88,289								
Costo de financiamiento		\$ 35,938	\$ 35,938	\$ 35,938	\$ 35,938	\$ 35,938			
Capital amortizado		\$ 16,510	\$ 19,289	\$ 22,535	\$ 26,329	\$ 30,760			
Interés a pagar		\$ 19,429	\$ 16,650	\$ 13,403	\$ 9,610	\$ 5,178			
Impuestos (IPV)		\$ 2,037	\$ 2,037	\$ 2,037					
Costo de consumo de GNV		\$ 23,118	\$ 23,118	\$ 23,118	\$ 23,118	\$ 23,118	\$ 23,118	\$ 23,118	\$ 23,118
Seguro		\$ 1,463	\$ 1,463	\$ 1,463	\$ 1,463	\$ 1,463	\$ 1,463	\$ 1,463	\$ 1,463
Costo de mantenimiento		\$ 37,247	\$ 37,247	\$ 37,247	\$ 37,247	\$ 37,247	\$ 37,247	\$ 37,247	\$ 37,247
Valor de salvamento		\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -40,742
Flujo Financiero de Egresos	\$ 88,289	\$ 99,803	\$ 99,803	\$ 99,803	\$ 97,766	\$ 97,766	\$ 61,828	\$ 61,828	\$ 21,085



Fuente: Elaboración propia.

Anexo 4 – Análisis de sensibilidad: impacto de variación en CTP de BEB ante cambios en principales variables



Nota. El IGV incluye el IPM. Fuente: Elaboración propia.

Notas

[1] El alto precio de los vehículos eléctricos no es el único factor que desincentiva su adopción. Otros son el rango limitado que pueden alcanzar y el tiempo de recarga de la batería del vehículo. Estos aspectos han mostrado importantes mejoras en los últimos años y se espera que se superen en la medida que el avance tecnológico logre baterías con mejor rango de autonomía y alternativas de carga ultra rápida.

[2] Schmerler, D.; Velarde, J.; Rodríguez, A y B. Solís. Electromovilidad: conceptos, políticas y lecciones aprendidas para el Perú. Osinerghmin (2019).

[3] De acuerdo con información del estudio “Transporte urbano Lima y Callao – 2018, informe de observancia de situación del transporte urbano” de la Fundación Transitemos (2018), el 81% de los viajes diarios que se realizan en Lima y Callao se realizan mediante un medio de transporte público (buses de transporte regular, Línea 1 del Metro, Metropolitano, corredores complementarios y taxis).

[4] Existe otro tipo de instrumentos, cuya monetización resulta difícil, que están destinados a otorgar al usuario mayor conveniencia, tales como el acceso a carriles y estacionamientos exclusivos, así como la exoneración de medidas de restricción de tránsito vehicular conocidas como ‘pico y placa’.

[5] Los costos directos son los referidos a aquellos recursos que se incorporan físicamente al producto final y venta del bien o servicio, y se dividen en fijos y variables. Los costos directos fijos son aquellos que son constantes independientemente de los kilómetros recorridos por el vehículo. En el caso de una flota de transporte, estos pueden ser el sueldo y cargas sociales de los conductores, impuestos, seguros, revisiones técnicas, gastos de financiamiento, depreciación, etc. De otro parte, los costos directos variables dependen del nivel de actividad de los vehículos.

Los costos indirectos son aquellos correspondientes a los recursos que, si bien participan en el proceso productivo, no son percibidos fácilmente en producto o servicio final, tales como gastos comerciales y de administración, sistemas de gestión, etc.

Los costos directos variables se subdividen en ineludibles y eludibles. Dentro del primer grupo se encuentran aquellos derivados de la propia utilización de la flota, tales como el costo de combustible, lubricantes, neumáticos, reparaciones, mantenimientos preventivos y correctivos, etc. De otro lados, los costos directos variables eludibles son aquellos que no son indispensables y pueden evitarse tal como las multas o el pago de peajes, entre otros.

[6] Para efectos del presente documento, se calcula el precio de adquisición agregando al precio CIF los impuestos aplicables, que en este caso corresponden al IGV e IPM.

[7] Créditos vehiculares. Información disponible en: <https://comparabien.com.pe/creditos-vehiculares>.

[8] Informe estadístico Downstream: Estructura de Precios de los Combustibles. Información disponible en:

http://www.minem.gob.pe/_estadisticaSector.php?idSector=5&txtString=Estructura+de+precios&cmbMes=&cmbAnio=&cmbCat=

[9] Pliego tarifario aplicable al cliente final. Información disponible en: <https://www.osinergmin.gob.pe/seccion/institucional/regulacion-tarifaria/pliegos-tarifarios/electricidad/pliegos-tarifiarios-cliente-final>

[10] Monto de primas. Información disponible en: <https://afocat-regionlima.com/monto-de-primas/>

[11] Bus eléctrico K9G. Información disponible en: <https://bydelectrico.com/buses-electricos/bus-electrico-k9/>

[12] De acuerdo a la web de Damodaran, los valores para las variables nominales son: tasa libre de riesgo (4.88%), prima de riesgo (4.83%) y riesgo país (0.84%). La inflación considerada para Estados Unidos y Perú es de 1.81% y 2.14%, de acuerdo al Bureau of Labor and Statistics y el Banco Central de Reserva, respectivamente.

[13] Los niveles de distancia corta, media y larga corresponden a los recorridos anuales de 34 909 km, 55 524 km y 104 010 km, correspondientes a los Corredores Complementarios consignados en la Tabla 3 del presente RAES.

Abreviaturas utilizadas

ACTU	:	Asociación de Concesionarios de Transporte Urbano
AFOCAT	:	Asociación de Fondos Regionales o Provinciales contra Accidentes de Tránsito
BEB	:	Bus eléctrico de batería
BMCI	:	Bus de motor de combustión interna
BMCI-D	:	Bus de motor de combustión interna que opera con diésel
BMCI-GNV	:	Bus de motor de combustión interna que opera con GNV
CAT	:	Certificados contra Accidentes de Tránsito
CIF	:	<i>Cost, Insurance and Freight</i> (costo, Seguro y flete)
CTP	:	Costo total de propiedad
CTPA/km	:	Costo total de propiedad anualizado por kilómetro
GNV	:	Gas natural vehicular
IGV	:	Impuesto General a las Ventas
IPM	:	Impuesto de Promoción Municipal
ISC	:	Impuesto selectivo al consumo
RAES	:	Reporte de Análisis Económico Sectorial
USD	:	Dólares de los Estados Unidos (por sus siglas en inglés)
VAN	:	Valor actual neto
VE	:	Vehículos eléctricos
VMCI	:	Vehículos con motor de combustión interna

Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería – Osinerghmin
Gerencia de Políticas y Análisis Económico - GPAE
Reporte de Análisis Económico Sectorial - Electricidad, Año 9– N° 15 – junio 2020

Alta Dirección

Antonio Angulo Zambrano Presidente (e) del Consejo Directivo

Julio Salvador Jácome Gerente General

Equipo de Trabajo de la GPAE que preparó el Reporte

Ricardo de la Cruz Sandoval Gerente (e) de Políticas y Análisis Económico

Ben Solís Sosa Especialista Senior en Análisis Económico

El contenido de esta publicación podrá ser reproducido total o parcialmente con autorización de la Gerencia de Políticas y Análisis Económico del Osinerghmin. Se solicita indicar en lugar visible la autoría y la fuente de la información. Todo el material presentado en este reporte es propiedad del Osinerghmin, a menos que se indique lo contrario.

Citar el reporte como: De la Cruz, R. y B. Solís (2020). *Reporte de Análisis Económico Sectorial - Electricidad*, Año 9 - Número 15. Gerencia de Políticas y Análisis Económico, Osinerghmin - Perú.

Osinerghmin no se identifica, necesariamente, ni se hace responsable de las opiniones vertidas en el presente documento. Las ideas expuestas en los artículos del reporte pertenecen a sus autores. La información contenida en el presente reporte se considera proveniente de fuentes confiables, pero Osinerghmin no garantiza su completitud ni su exactitud. Las opiniones y estimaciones representan el juicio de los autores dada la información disponible y están sujetos a modificación sin previo aviso. La evolución pasada no es necesariamente indicadora de resultados futuros. Este reporte no se debe utilizar para tomar decisiones de inversión en activos financieros.