

UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA
DEPARTAMENTO DE INDUSTRIAS
SANTIAGO - CHILE



ANÁLISIS DE LA CONVERSIÓN DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS EN CHILE.

ANDRÉS IGNACIO GONZÁLEZ CERPA.

MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL INDUSTRIAL.

PROFESOR GUÍA : Dr. MARÍA PILAR GÁRATE CHATEAU.
PROFESOR CORREFERENTE : Sr. GONZALO DAVID AMÉSTICA HENRNÁNDEZ.

Julio 2023

RESUMEN EJECUTIVO

Los resultados de los análisis realizados muestran que la conversión de vehículos de combustión interna a eléctricos en Chile se presenta como una opción viable y beneficiosa tanto para los consumidores como para el gobierno en su objetivo de electrificar el parque vehicular nacional, objetivo que busca alcanzar una participación de vehículos cero emisiones del 40 % al año 2050. Este estudio proporciona un mecanismo innovador para estandarizar y cuantificar el impacto de las conversiones de vehículos, llenando una importante brecha en la literatura académica existente, tanto a nivel nacional como global. Los hallazgos sugieren que la conversión realizada por una empresa privada obtienen el mejor indicador entre todos los vehículos analizados. El análisis detalla además que la conversión de vehículos es una opción económicamente viable para el consumidor en el mercado de vehículos de cero emisiones, a la vez que proporciona otros beneficios cualitativos como la reducción de costos asociados a restricciones vehiculares, mayor comodidad de uso y menor contaminación. Desde una perspectiva gubernamental, el estudio valida la conveniencia de las conversiones y proporciona una herramienta para determinar las etapas del ciclo de vida del vehículo en las que es beneficioso realizar conversiones. Se identifican también deficiencias en el 'Reglamento de conversiones' actualmente propuesto y se sugieren mejoras, particularmente con respecto a la homologación de mecanismos de seguridad. Un análisis financiero adicional demuestra la viabilidad económica de la conversión para el consumidor final, aunque advierte de potenciales riesgos que podrían ser mitigados mediante políticas públicas adecuadas. En resumen, este análisis demuestra que la conversión de vehículos de combustión interna a eléctricos es un camino viable y beneficioso para disminuir los efectos del cambio climático y avanzar hacia la electrificación del parque vehicular en Chile.

ABSTRACT

The results of the analyses performed demonstrate that the conversion of internal combustion vehicles to electric in Chile represents a viable and beneficial option both for consumers and the government in its objective to electrify the national vehicle fleet, an objective that seeks to achieve a participation of zero-emission vehicles of 40 % by the year 2050. This study provides an innovative mechanism to standardize and quantify the impact of vehicle conversions, filling an important gap in the existing academic literature, both at the national and global level. Findings suggest that the conversion carried out by a private company obtains the best indicator among all vehicles analyzed. The analysis further details that vehicle conversion is an economically viable option for the consumer in the zero-emission vehicle market, while providing other qualitative benefits such as reduction of costs associated with vehicle restrictions, greater use comfort, and lower pollution. From a governmental perspective, the study validates the convenience of conversions and provides a tool to determine the stages of the vehicle's life cycle in which conversions are beneficial. Deficiencies are also highlighted in the currently proposed 'Conversion Regulation', and improvements are suggested, particularly with respect to the homologation of safety mechanisms. An additional financial analysis demonstrates the economic viability of the conversion for the final consumer, though it warns of potential risks that could be mitigated through appropriate public policies. In summary, this analysis demonstrates that the conversion of internal combustion vehicles to electric is a viable and beneficial path to mitigate the effects of climate change and advance towards the electrification of the vehicle fleet in Chile.

Índice de Contenidos

1. Antecedentes, Objetivos y Alcances.	1
1.1. Introducción.	1
1.2. Problema a Investigar.	2
1.3. Objetivo general.	2
1.4. Objetivos Específicos:	2
1.5. Alcance.	2
1.5.1. Rango de acción.	2
1.5.2. Tipo de estudio.	3
1.5.2.1. Exploratorio.	3
1.5.2.2. Descriptivo.	3
1.5.2.3. Explicativo.	3
1.6. Metodología.	3
2. Estado del arte.	5
2.1. Factores Ambientales.	5
2.1.1. Contaminantes generados por el transporte urbano.	5
2.1.2. Tipos de combustibles.	7
2.1.3. Tipos de vehículos utilizados para el transporte urbano.	9
2.1.3.1. Vehículos convencionales o de combustión interna (VCI).	10
2.1.3.2. Vehículos Eléctricos.	11
2.1.3.3. Vehículos Híbridos.	12
2.1.3.4. Vehículos convertidos a eléctricos.	14
2.1.4. Efectos sobre el medio ambiente en cada etapa del ciclo de vida de un vehículo.	15
2.1.5. Objetivos y metas nacionales de electromovilidad.	16
2.2. Factores económicos.	17
2.2.1. Costos de los combustibles utilizados.	17
2.2.1.1. Gasolina.	17
2.2.1.2. Diesel.	21
2.2.1.3. Electricidad, costos y proyecciones.	24
2.2.2. Costos de adquisición vehículos.	27
2.2.2.1. Costo adquisición vehículos eléctricos.	27
2.2.2.2. Costo de adquisición de vehículos eléctricos en el mediano plazo.	28
2.2.3. Impuestos asociados a la adquisición.	28
2.2.3.1. Primera inscripción de vehículos motorizados.	28
2.2.3.2. Seguro Obligatorio de Accidentes Personales (SOAP).	29
2.2.3.3. Permiso de circulación.	29
2.2.3.4. Impuesto Verde.	29
2.2.4. Indicadores económicos utilizados para el análisis.	30
2.2.4.1. Tasa de descuento.	30
2.2.4.2. Valor actual neto (VAN) o valor presente.	30
2.2.4.3. Tasa interna de retorno (TIR).	30

2.2.4.4. Payback o periodo de recuperación.	31
2.3. Factores Legales.	31
2.3.1. Normativa para las conversiones en Chile.	31
2.3.2. Legislación de conversiones en otros países.	32
3. Desarrollo.	33
3.1. Análisis y propuesta: normativa para las conversiones.	33
3.1.1. Análisis del "Reglamento conversiones".	33
3.1.2. Revisión propuesta para "Reglamento conversiones".	33
3.2. Análisis normalizado.	34
3.2.1. Consideraciones y supuestos generales para el análisis.	34
3.2.1.1. Normativa utilizada:	34
3.2.2. Tipos de vehículos a comparar.	35
3.2.3. Metodología para la normalización de indicadores.	36
3.2.4. Selección de vehículos para comparativa normalizada.	36
3.2.5. Conversión vehículo convencional a eléctrico.	36
3.2.5.1. Selección del vehículo a convertir.	36
3.2.5.2. Componentes seleccionados para la conversión.	37
3.2.5.3. Conversión realizada en empresa establecida.	38
3.2.5.4. Estimación de la vida útil de la conversión.	39
3.2.6. Análisis normalizado económico (Indicador costo adquisición del vehículo).	39
3.2.7. Análisis normalizado Autonomía.	42
3.2.8. Análisis normalizado económico (Costo combustible).	42
3.2.9. Análisis normalizado contaminantes Gases de efecto invernadero (GEI).	42
3.2.10. Análisis normalizado contaminantes atmosféricos (AP).	46
3.2.11. Resumen análisis normalizado.	46
3.3. Análisis financiero para el usuario/cliente final.	47
3.3.1. Supuestos y datos utilizados para el análisis.	47
3.3.2. Costos.	47
3.3.3. Flujo de costos para el consumidor final.	48
3.3.4. Determinación tasa de descuento para el proyecto.	48
3.3.4.1. Costo de capital.	48
3.3.4.2. Prima por riesgo.	48
3.3.4.3. Tasa libre de riesgo.	49
3.3.5. Indicadores económicos obtenidos.	49
3.4. Sensibilización del análisis financiero.	50
4. Conclusiones.	52
A. Anexo Tablas.	59
B. Anexo Figuras.	60

Índice de Tablas

2.1. Tipos de gases de efecto invernadero(GEI).	5
2.2. Gases AP y equivalencias NO_x .	6
2.3. Tipos de combustibles según participación	7
2.4. Tipos de vehículos según participación.	10
2.5. Resumen componentes Conversión.	15
2.6. Vehículos eléctricos de menor precio en Chile.	28
3.1. Vehículos seleccionados para análisis normalizado.	36
3.2. Vehículos candidatos conversión eléctrica (VEB-C).	37
3.3. Componentes seleccionados para conversión (VEB-C).	38
3.4. Costos de importación e internación partes para transformación VEB-C.	38
3.5. Resumen costos de conversión VEB-C.	38
3.6. Costos vehículo Convencional Diésel.	40
3.7. Costos vehículo Híbrido Gasolina.	40
3.8. Costos vehículo vehículo Eléctrico (VEB).	40
3.9. Costos vehículo Convertido a eléctrico (VEB-C), importando partes.	41
3.10. Costos vehículo Convertido a eléctrico (VEB-C), empresa establecida.	41
3.11. Indicador costo adquisición normalizado.	41
3.12. Autonomía vehículos seleccionados.	42
3.13. Autonomía normalizada vehículos seleccionados.	42
3.14. Indicador normalizado costo combustible.	42
3.15. LCA Convencional-Diésel (Opel Mokka).	43
3.16. LCA GEI Híbrido-Gasolina (Toyota C-HR).	43
3.17. CO ₂ -eq(kg) por combustible (Electricidad) VEB.	43
3.18. Eléctrico Batería VEB (Nissan Leaf).	44
3.19. CO ₂ -eq(kg) por combustible (Electricidad) VEB-C.	44
3.20. Emisiones de fabricación y reciclaje promedio vehículo convencional.	44
3.21. Eléctrico convertido VEB-C.	45
3.22. Resumen emisiones GEI.	45
3.23. Indicadores contaminantes AP normalizados.	46
3.24. Indicador general normalizado.	46
3.25. Proyección valor futuro combustibles.	47
3.26. Flujo de caja consumidor final conversión con empresa establecida.	48
3.27. Prima por riesgo según tipo de proyecto.	49
3.28. Tasa de Descuento del proyecto.	49
3.29. Indicadores económicos del proyecto.	50
3.30. Factores VAN.	50
3.31. Sensibilización VAN(UF) para costos de conversión y gasolina.	50
3.32. Sensibilización TIR para costos de conversión y gasolina.	51
3.33. Sensibilización Payback (Años) para costo de conversión y gasolina.	51

Índice de Figuras

2.1. Capacidad instalada (mW) SEN.	8
2.2. Factor emisión en toneladas métricas de CO_2 equivalente liberado por mega-vatio del SEN (tCO_{2eq}/mW).	9
2.3. Diagrama partes de un vehículo Convencional (Gasolina)	11
2.4. Diagrama partes de un vehículo eléctrico	12
2.5. Diagrama partes de un vehículo eléctrico Híbrido	14
2.6. Infografía de metas electromovilidad vigentes ministerio de energía.	16
2.7. Precio litro gasolina 95 octanos en el mundo, litro consumidor USD.	17
2.8. Precio Mayorista ENAP con y sin presencia del MEPCO	18
2.9. Precio histórico gasolina de 95 octanos (consumidor) en Chile ($UF \times 10^{-2}$).	19
2.10. Variación porcentual del IPC, base diciembre 2020.	20
2.11. Proyección precio litro gasolina de 95 octanos en Chile, ($UF \times 10^{-2}$).	21
2.12. Precios diésel (litro consumidor consumidor) en el mundo, abril 2023 [USD	22
2.13. Precio histórico diésel (litro consumidor) en Chile ($UF \times 10^{-2}$).	23
2.14. Proyección precio del diésel (litro consumidor) en Chile ($UF \times 10^{-2}$).	24
2.15. Precios energía eléctrica doméstica en el mundo[USD/kWh	25
2.16. Precio promedio doméstico ($UF \times 10^{-3}/kWh$) en Chile	26
2.17. Proyección precio energía eléctrica ($UF \times 10^{-3}/kWh$)	27
3.1. Vehículo seleccionado para la conversión.	37
3.2. Vehículo convertido por movener.	39
3.3. Tasas créditos de consumo Chile Junio 2023.	48
B.1. Captura precio Volkswagen Polo	60
B.2. Captura precio Renault Clio.	61
B.3. Universal NetGain Hyper 9 120V EV Conversion Package - Motor, Inverter, Throttle, Instrument, Chill Plate	62
B.4. Emisiones CO_2 -eq para batería vehículo convertido.	62
B.5. Detalle cotizador online chilebox.cl.	63

1 | Antecedentes, Objetivos y Alcances.

1.1. Introducción.

En el contexto actual, la electromovilidad se ha convertido en una prioridad a nivel global, buscando reducir la dependencia de los combustibles fósiles y mitigar sus efectos negativos en el cambio climático. Chile no es la excepción, y ha establecido metas ambiciosas en su estrategia de electromovilidad, contando con el objetivo de alcanzar un parque vehicular con un 40 % de vehículos cero emisiones para el año 2050.

Es en este escenario que se plantea la importancia de realizar análisis detallados sobre la conversión de vehículos de combustión interna a eléctricos en Chile. Estos análisis permiten evaluar y cuantificar los beneficios ambientales, económicos y legales que este tipo de transformación podría tener en el país.

Desde una perspectiva ambiental, los vehículos de combustión interna son responsables de una gran parte de la contaminación del aire en áreas urbanas, emitiendo gases de efecto invernadero y otros contaminantes dañinos para la salud. La conversión a vehículos eléctricos reduciría significativamente estas emisiones y contribuiría a mejorar la calidad del aire mitigando de esta forma el efecto del transporte urbano en el cambio climático.

Desde una perspectiva económica, analizar los costos y beneficios de la conversión de vehículos de combustión interna a eléctricos es crucial para los posibles usuarios. Esto incluye evaluar los costos de adquisición, operación y mantención de los vehículos, así como los ahorros en consumo de combustible y mantenimiento a largo plazo. Estos análisis proporcionarán información importante para que los posibles consumidores tomen decisiones informadas y consideren opciones más sustentables y económicamente viables.

Además, es relevante evaluar el marco legal existente y proponer una normativa adecuada para la regulación de las conversiones de vehículos. Esto permitiría garantizar la seguridad, la calidad y la legalidad de las conversiones, así como sugerir incentivos y requisitos que promuevan la adopción masiva de vehículos eléctricos.

En resumen, realizar análisis exhaustivos sobre la conversión de vehículos de combustión interna a eléctricos en Chile es esencial para alcanzar las metas nacionales de movilidad sostenible y para tomar decisiones informadas tanto a nivel individual como a nivel político. Estos análisis permiten comprender el impacto ambiental, evaluar los aspectos económicos y proponer una regulación adecuada, fomentando así la adopción de vehículos eléctricos y contribuyendo a la construcción de un futuro más limpio y sostenible.

1.2. Problema a Investigar.

Luego de revisar el contexto nacional, no se encontraron mediciones ni indicadores que demuestren la conveniencia de la conversión de vehículos en Chile, de donde surge la interrogante: ¿Es posible cuantificar la conveniencia real de las conversiones en Chile? Es decir, ¿Se puede determinar con precisión los beneficios y los costos asociados a la conversión de vehículos?

1.3. Objetivo general

Adaptar y e implementar una metodología que permita analizar de manera cuantitativa y estandarizada los costos y beneficios que presentaría la conversión de vehículos de combustión interna a eléctricos en Chile.

1.4. Objetivos Específicos:

1. Identificar las diferencias entre vehículos de combustión interna, vehículos híbridos, vehículos eléctricos y vehículos convertidos a eléctricos, con el fin de comprender las características y ventajas de cada tipo de vehículo en el contexto de la conversión.
2. Comparar los efectos ambientales de los distintos tipos de vehículos según el combustible utilizado, evaluando el impacto en términos de emisiones de gases de efecto invernadero y otros contaminantes.
3. Realizar un análisis económico, ambiental y legal de las conversiones de vehículos de combustión interna a eléctricos en Chile, considerando las regulaciones existentes y proponiendo una normativa actualizada que garantice la seguridad y la legalidad de las modificaciones.
4. Realizar un análisis de costo y beneficio para los posibles usuarios de las conversiones analizadas, evaluando los aspectos económicos relacionados con el costo de adquisición, consumo de energía, mantenimiento y ahorros a largo plazo.

1.5. Alcance.

El alcance de este documento se mantendrá acotado a revisar los efectos que tendría en Chile la conversión de determinados tipos de vehículos que se considera reúnen características que hacen más factible su conversión bajo la normativa vehicular propuesta.

Se encuentra acotado a analizar los costos, beneficios y efectos de las conversiones de vehículos de combustión interna en eléctricos en las tres categorías estudiadas: económico, ambiental y legal. Cuantificando los costo y beneficios que presentaría para el consumidor final, el impacto que generarían en el medio ambiente y formulando una normativa para la regularización de las conversiones estudiadas.

Un importante supuesto que se utilizará, en determinadas secciones del documento, es que la normativa propuesta en el mismo se encuentra vigente al momento de realizar los análisis respectivos.

1.5.1. Rango de acción.

Los vehículos que serán revisados en el análisis corresponde a:

1. Vehículos de combustión interna (VCI): Los vehículos convencionales de combustión interna que utilizan diésel como combustible.

2. Vehículos eléctricos alimentados por baterías (VEB): Vehículos que funcionan completamente con electricidad almacenada en baterías.
3. Vehículos híbridos (VH): Vehículos que combinan un motor de combustión interna con un motor eléctrico, utilizando una combinación de combustible y electricidad.
4. Vehículos de combustión interna convertidos a eléctricos (VEB-C): Vehículos que originalmente funcionaban con combustibles de origen fósil y han sido modificados para funcionar con un motor eléctrico.

En cuanto a los análisis financieros para el consumidor final, estos se ven acotados a un grupo determinado de posibles usuarios, los cuales ya cuentan con un vehículo compatible con la conversión analizada y se encuentran en el mercado buscando actualizar dicho vehículo.

En las secciones comparativas se omitió la inclusión de vehículos que utilizan combustibles de menor disponibilidad, entre los que destacan los vehículos que utilizan hidrógeno como combustible, dado que este último no cuenta con disponibilidad de recarga nacional.

1.5.2. Tipo de estudio.

El tipo de estudio de este documento será principalmente cuantitativo exploratorio. Sin embargo, debido a que corresponde a un análisis que considera múltiples aristas, requiere de secciones que se asemejan más a otros tipos de estudios (Fernández-Collado et al., 2014):

1.5.2.1. Exploratorio.

Dado que en la literatura formal no se encuentra ningún estudio que analice el efecto, en las 3 áreas seleccionadas, de la conversión de vehículos de combustión interna a eléctricos en Chile. Este documento busca replicar determinados análisis realizados en otros países para llevarlos a una perspectiva nacional que permita incluir la conversión de vehículos.

1.5.2.2. Descriptivo.

Identifica y describe todos los conceptos utilizados en las 3 áreas analizadas en el documentos: Ambiental, económica y legal.

1.5.2.3. Explicativo.

Responde como y por qué se generan determinados efectos al realizar las conversiones estudiadas tanto en Chile como en otros países.

1.6. Metodología.

En una primera etapa, el documento describe los antecedentes necesarios para llevar a cabo los análisis expuestos. Para ello, se consideran tres áreas de interés que resultan fundamentales para el estudio. La primera de estas áreas es la ambiental, donde se abordan temas como los principales contaminantes emitidos por los vehículos, los tipos de combustibles y vehículos a analizar, así como las etapas del ciclo de vida de los mismos.

La segunda área de interés corresponde a la económica, la cual se enfoca en los costos históricos y proyecciones de los combustibles, incluyendo también los costos de adquisición de los distintos tipos de vehículos en Chile. Estos datos son fundamentales para entender los análisis financieros que se revisan en secciones posteriores.

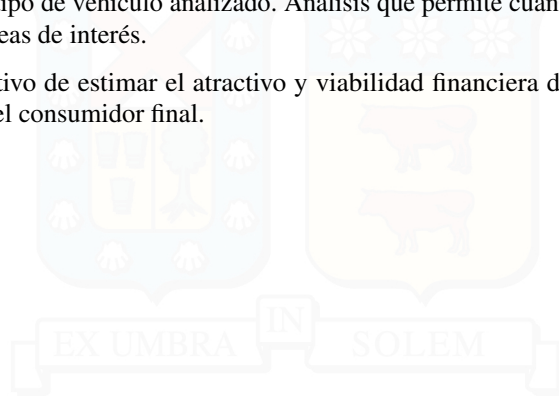
La tercera área de interés corresponde a los aspectos legales. En este segmento se presentan los objetivos ambientales nacionales y la legislación vigente en Chile, así como la legislación en otros países. Este apartado es de gran

importancia, debido a que permite entender las limitaciones y explorar las falencias y oportunidades que se presentan en la legislación actual.

Posterior a la descripción de las áreas de interés se sugieren las bases para la creación de una normativa con la que se pueda fiscalizar las conversiones estudiadas y de esta forma hacerlas una alternativa real para la el consumidor.

Luego del análisis legal, se el expone análisis principal del documento, donde se estudian los costos y beneficios de la adquisición y uso de cada tipo de vehículo analizado. Análisis que permite cuantificar, estandarizar y comparar el impacto de los mismos en las áreas de interés.

Finalmente, con el objetivo de estimar el atractivo y viabilidad financiera de las conversiones, se generó un análisis financiero enfocado en el consumidor final.



2 | Estado del arte.

2.1. Factores Ambientales.

Las emisiones de los vehículos de transporte urbano son responsables de aproximadamente dos tercios de la contaminación del aire en el área urbana (“[Vehicle Engineering\(VE\)](#)” 2013). Estos gases emitidos surgen en las distintas etapas de la vida de los vehículos y son responsables de la disminución en la calidad del aire. En los motores de gasolina, estos gases comprenden una mezcla de hidrocarburos no quemados HC , monóxido de carbono CO y óxidos de nitrógeno NO_x .

Con el fin de comparar y cuantificar el efecto medioambiental de los distintos tipos de vehículos analizados en este informe se deben considerar los principales tipos de contaminantes emitidos por los vehículos de transporte urbano.

2.1.1. Contaminantes generados por el transporte urbano.

De acuerdo al IEA, [2022](#) los principales contaminantes generados por el transporte vehicular urbano se pueden agrupar en 2 categorías según su efecto en el medio ambiente:

Gases de efecto invernadero (GEI)

Son un grupo de gases que absorben y emiten radiación en la atmósfera, aumentando así la temperatura de la tierra. Estos gases incluyen dióxido de carbono, metano, óxido nitroso, clorofluorocarbonos y otros compuestos químicos.

Con el objetivo de normalizar y cuantificar su efecto (entre los distintos gases que componen este grupo) se estableció un índice PCG (Potencial de Calentamiento Global). Esta medida se utiliza para evaluar el impacto de cada gas de efecto invernadero en el calentamiento global. El PCG se calcula como el calor absorbido por una unidad de masa de un gas durante un período de tiempo determinado, en comparación con el calor absorbido por una unidad de masa de dióxido de carbono durante el mismo período de tiempo, ver Tabla 2.1.

Tabla 2.1: Tipos de gases de efecto invernadero(GEI).

Gas	Abreviación	PCG
Dióxido de carbono	CO_2	1
Metano	CH_4	25
Óxido nitroso	N_2O	298
Refrigerante de aire acondiciona- do	$HFC - 134a$	1,430

(Fuente: IEA, [2022](#).)

Efectos de los gases de efecto invernadero (GEI).

El principal efecto de los gases de efecto invernadero es la intensificación del efecto invernadero natural de la Tierra. Según el Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC), el efecto invernadero es un proceso natural por el cual ciertos gases en la atmósfera, conocidos como gases de efecto invernadero, absorben y emiten radiación infrarroja, calentando la superficie de la Tierra y la atmósfera inferior (Stocker et al., 2013). Sin embargo, las actividades humanas, como la quema de combustibles fósiles y la deforestación, han aumentado las concentraciones de estos gases, lo que lleva a un efecto invernadero intensificado y un aumento subsiguiente en las temperaturas globales (Pachauri y Meyer, 2014).

A medida que las temperaturas globales continúan aumentando, se observa una serie de efectos en cascada en los ecosistemas de la Tierra. Algunos de los efectos más destacados incluyen:

1. **Aumento del nivel del mar.** El derretimiento de glaciares y casquetes polares, junto con la expansión térmica del agua de mar, ha llevado a un aumento en el nivel medio del mar. Esto representa riesgos para las comunidades costeras, la infraestructura y los ecosistemas (Pörtner et al., 2019).
2. **Acidificación de los océanos.** El aumento en las concentraciones atmosféricas de CO₂ hace que se absorba más CO₂ en el océano, lo que provoca una disminución en el pH del agua de mar. La acidificación de los océanos tiene efectos adversos en la vida marina, especialmente en organismos calcificantes como corales y moluscos (Ocean Acidification 2020).
3. **Cambios en los patrones de precipitación.** A medida que aumentan las temperaturas globales, se ve afectado el ciclo hidrológico, lo que resulta en cambios en los patrones regionales de precipitación. Esto puede llevar a un aumento en la frecuencia e intensidad de eventos climáticos extremos, como sequías e inundaciones (Field et al., 2012).
4. **Pérdida de biodiversidad.** El rápido ritmo del cambio climático puede superar la capacidad de muchas especies para adaptarse, lo que lleva a cambios en la distribución de las especies y posibles extinciones (Parmesan y Yohe, 2003).

En conclusión, los gases de efecto invernadero contribuyen al calentamiento global al intensificar el efecto invernadero natural de la Tierra. El aumento en las concentraciones de estos gases, principalmente debido a actividades humanas, ha llevado a una multitud de efectos en el sistema climático de la Tierra, incluido el aumento del nivel del mar, la acidificación de los océanos, cambios en los patrones de precipitación y pérdida de biodiversidad.

Contaminantes Atmosféricos (AP)

Los contaminantes atmosféricos (AP) son sustancias que se liberan en el aire y pueden tener un impacto negativo sobre el medio ambiente y la salud humana. Algunos ejemplos de contaminantes atmosféricos son el monóxido de carbono (CO), los óxidos de nitrógeno (NO_x), los óxidos de azufre (SO_x) y los compuestos orgánicos volátiles (COV). Estos contaminantes pueden proceder de diversas fuentes, como los procesos industriales, los gases de escape de los vehículos y la quema de combustibles fósiles. Al igual como ocurre con los GEI, se trabaja con un índice (ver Tabla 2.2) que compara el efecto en el medio ambiente de cada gas en comparación con el NO_x.

Tabla 2.2: Gases AP y equivalencias NO_x.

GAS	NO _x -equivalente
CO	0.017
NO _x	1.000
SO _x	1.300
COVs	0.640

(Fuente: IEA, 2022.)

2.1.2. Tipos de combustibles.

Gasolina

Utilizado actualmente por el 90.19 % de los vehículos destinados al transporte personal a nivel nacional según el reporte de permisos de circulación entregados el 2021(INE, 2021), ver Tabla 2.5.

Según la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA, por sus siglas en inglés) se estima que en promedio se liberan 2,347 gramos de CO_2 al ambiente por litro de gasolina utilizado en el transporte. Sin embargo, esto depende de otros factores como la eficiencia del motor, el tipo de conducción y las condiciones de la carretera.

Diésel

Utilizado actualmente por el 9.72 % del parque vehicular estudiado (INE, 2021), liberando en promedio 2,600 gramos de CO_2 por litro utilizado. Al igual que como ocurre con la gasolina este valor es dependiente de los factores anteriormente mencionados.

Electricidad - Matriz energética nacional

La electricidad es utilizada actualmente por menos del 0.07 % de vehículos en circulación estudiados (ver tabla 2.3). Se suele asociar a la fuente energética de menor efecto en el medio ambiente, sin embargo, esto depende totalmente de la matriz energética bajo la cual se realice la carga de la batería. Por ejemplo, una carga de 1 [kWh] en el Sistema Eléctrico Nacional (SEN) representa la liberación equivalente de 300.6 gramos de CO_2 al ambiente (Energía Abierta, 2023), lo que corresponde, en promedio, a 7[km] de recorrido de un vehículo eléctrico pequeño.

Tabla 2.3: Tipos de combustibles según participación.

Tipo	Registros	Participación
Gasolina	3,590,173	90.19 %
Diesel	387,076	9.72 %
Eléctricos	2,872	0.07 %
Gas (GNC o GLP)	567	0.01 %
Total	3,980,688	100.00 %

(Fuente: Registro permisos de circulación en Chile 2021, INE, 2021)

GEI liberados por consumo eléctrico.

Si bien los vehículos eléctricos que se analizarán son denominados cero emisiones, esto es sólo válido al momento de la utilización de los mismos, no así durante su ciclo de vida (LCA) ni durante la generación de la electricidad con la que sus baterías son recargadas.

Sin embargo, no todas las fuentes de recarga eléctrica generan el mismo impacto al medio ambiente, por ejemplo, si la recarga es realizada con la energía generada por una instalación de paneles solares el impacto generado es menor (también se debería considerar el LCA de los paneles solares y su instalación). Para el análisis en este documento se tomó como supuesto que la recarga siempre es realizada de forma doméstica bajo la red del sistema eléctrico nacional (SEN). Lo anterior en base a que representa el 99.38 % de la capacidad instalada en megavatios según la plataforma de Energía Abierta, Ministerio de energía, 2023 , revisar figura 2.1.

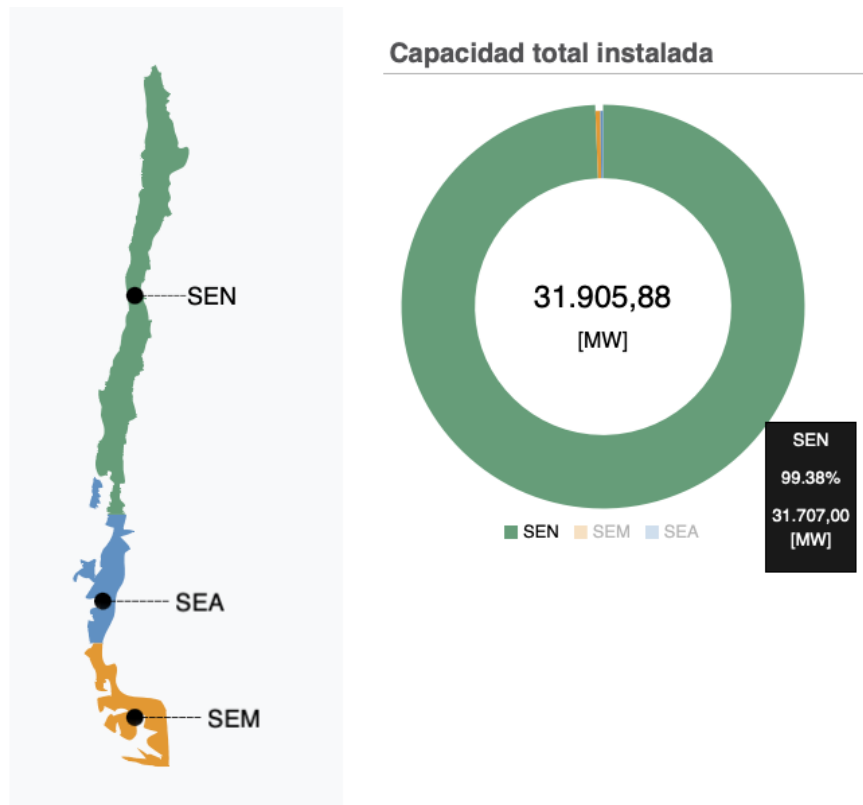


Figura 2.1: Capacidad instalada (mW) SEN.

(Fuente: Centro de Despacho Económico de Carga del Sistema Interconectado Central de Chile, 2023)

Con el supuesto establecido, se capturó el indicador de Factor de emisión, medido por las toneladas de CO_2 equivalentes por mega-vatio de energía consumida en la red. Registro representado en la figura 2.2.

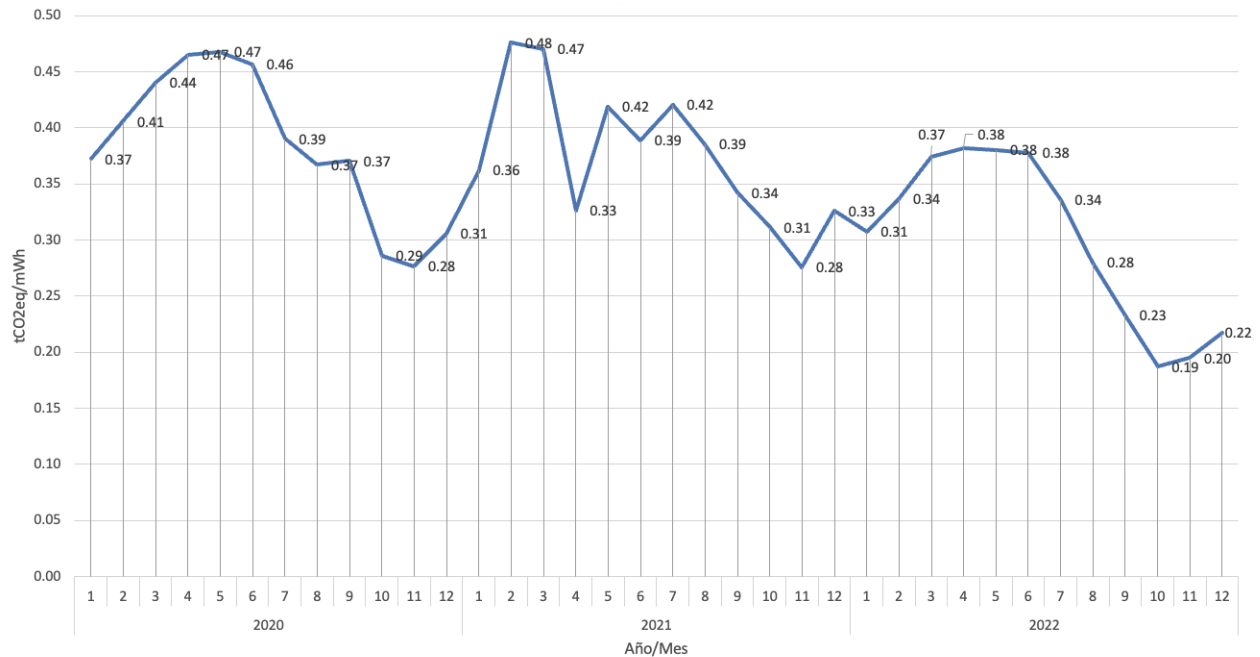


Figura 2.2: Factor emisión en toneladas métricas de CO_2 equivalente liberado por mega-vatio del SEN (tCO_2eq/mWh).

(Fuente: Energía Abierta, 2023)

Como se puede apreciar en la figura 2.2, los mWh consumidos en los meses de invierno cuentan con una mayor emisión de dióxido de carbono equivalente que los meses de verano. En consecuencia, se utilizó para el análisis el promedio calculado para todo el 2022. Correspondiente a $0.3006 [tCO_2eq/mWh]$ o $0.3006 [kgCO_2eq/kWh]$.

2.1.3. Tipos de vehículos utilizados para el transporte urbano.

Los vehículos se pueden clasificar según diferentes características, como su tamaño, uso o el tipo de combustible que estos utilizan. En este documento se analizará y compararán exclusivamente vehículos de tipo transporte personal, dada su alta participación en el mercado. (Automóvil, Station Wagon y Todo Terreno, ver Tabla 2.4) y que utilicen combustible disponible en todas las regiones del país.

- Los vehículos de combustible fósil o convencionales son los que utilizan combustibles fósiles como la gasolina o diésel.
- Los vehículos eléctricos utilizan baterías para almacenar energía eléctrica y motores eléctricos para propulsar el vehículo.
- Los vehículos híbridos combinan un motor de combustión interna (VCI) con un motor eléctrico para proporcionar una mejor eficiencia y combinar ventajas de los ya mencionados.
- Los vehículos de hidrógeno son vehículos eléctricos que utilizan hidrógeno como combustible en una pila de combustible, en la que se produce electricidad que alimenta el motor. Su única emisión es vapor de agua, lo que los hace una alternativa limpia y sostenible a los vehículos convencionales. Sin embargo, no se consideraron en este análisis debido a que actualmente sólo cuentan con una estación de carga en todo el país (*Hidrógeno verde Gob.cl 2022*).

Tabla 2.4: Tipos de vehículos según participación.

Tipo de Vehículo	Inscripciones	Participación
Automóvil, Station Wagon y Todo Terreno	3,980,688	66.6 %
Furgón. Incluye (Furgón Carroza Fúnebre y Ambulancia)	225,784	3.8 %
Minibús (Kleinbus, Van), particular	29,038	0.5 %
Camioneta	1,062,379	17.8 %
Motocicleta (moto), motoneta y bicimoto	234,020	3.9 %
Casa rodante automotriz (motor - home)	2,159	0.0 %
Taxi básico	32,178	0.5 %
Taxi colectivo	58,754	1.0 %
Taxi turismo, lujo o servicios especiales	8,939	0.1 %
Minibús, Transporte Colectivo	47,576	0.8 %
Bus Transporte Colectivo	58,023	1.0 %
Camión simple. Incluye (furgón de carga de 3.500 Kg. y más)	157,306	2.6 %

(Fuente: Registro permisos de circulación en Chile 2021, INE, 2021)

2.1.3.1. Vehículos convencionales o de combustión interna (VCI).

Los vehículos de combustión interna, con una participación del 90.19 % en Chile, utilizan un motor de combustión interna para generar energía mecánica. Estos motores funcionan quemando un combustible, como gasolina, diésel o gas, para producir energía, la que es utilizada para propulsar el vehículo. Tienen una variedad de características, como mayor potencia y rendimiento que los vehículos eléctricos (de similar costo), menor costo inicial, mayor autonomía, menor tiempo de recarga y mayor disponibilidad tanto de estaciones de carga como de asistencia mecánica que el resto de vehículos analizados. Los sistemas principales que integra un vehículo convencional y que se observan en la figura 2.3:

- **Batería:** La batería proporciona electricidad para arrancar el motor y suministrar energía a los sistemas a bordo del vehículo, esta es recargada mientras el motor del vehículo se encuentra operativo.
- **Módulo de control electrónico (ECM):** El ECM controla la mezcla de combustible, la sincronización del encendido y el sistema de emisiones. supervisa el funcionamiento del vehículo al proteger el motor de ser sobre-exigido.
- **Sistema de escape:** El sistema de escape canaliza los gases de escape del motor a través del tubo de escape. Un catalizador de tres vías está diseñado para reducir las emisiones del motor dentro del sistema de escape.
- **Sistema de inyección de combustible:** Este sistema introduce el combustible en las cámaras de combustión del motor para su encendido.
- **Bomba de combustible:** Bomba que transfiere el combustible del depósito al sistema de inyección del motor a través del conducto de combustible.
- **Depósito de combustible (gasolina):** Este depósito almacena la gasolina a bordo del vehículo hasta que el motor la necesita, cuenta con repertáculo para su carga en estaciones dedicadas.
- **Motor de Combustión Interna (MCI):** Específicamente con encendido por chispa, se ejecuta un proceso mediante el cual el combustible es introducido en la cámara de combustión. Allí, este se mezcla con el aire presente. Posteriormente, la mezcla de aire y combustible es encendido, proceso que se realiza a través de la chispa generada por una bujía.
- **Transmisión:** La transmisión transfiere la potencia mecánica del motor de combustión para impulsar las ruedas.

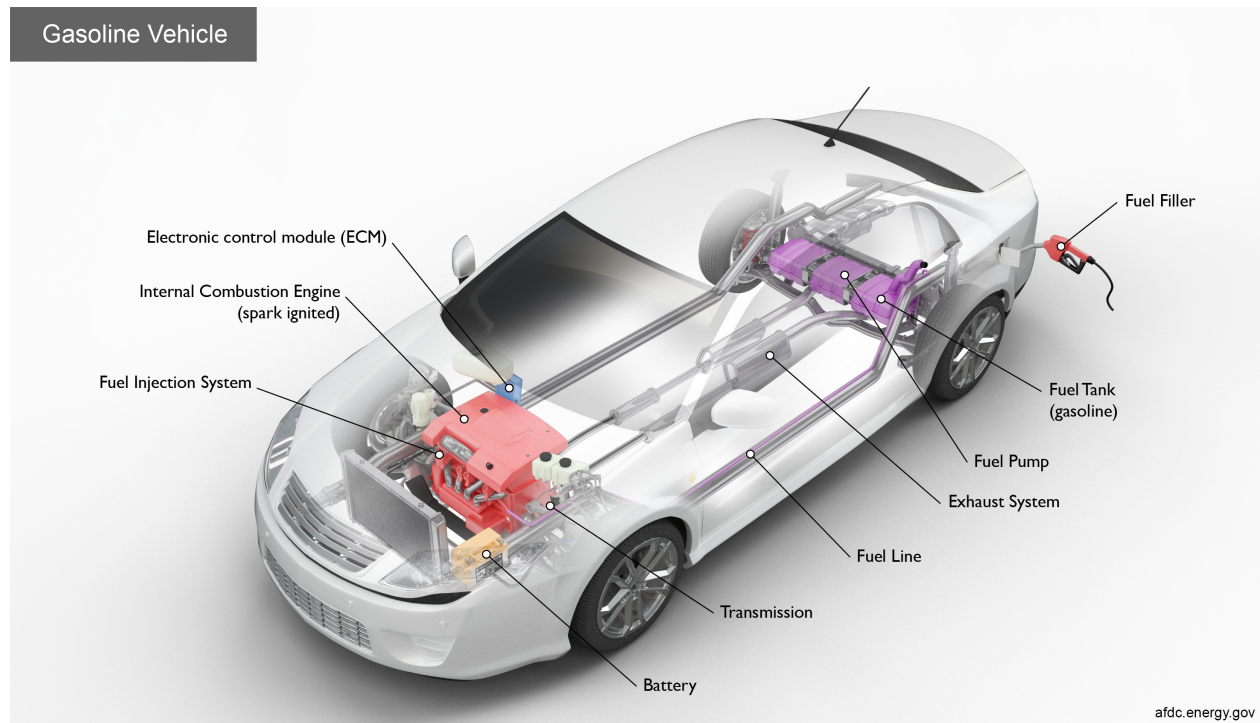


Figura 2.3: Diagrama partes de un vehículo Convencional (Gasolina)

(Fuente: Center, 2022a)

2.1.3.2. Vehículos Eléctricos.

Los vehículos eléctricos (VE) son automóviles propulsados por motores eléctricos que utilizan baterías recargables para almacenar energía. Estos vehículos funcionan con electricidad almacenada en baterías y no utilizan gasolina, de forma directa, para su propulsión. Los VE se consideran más eficientes y menos contaminantes con el medio ambiente que los vehículos convencionales, ya que no emiten gases de escape y su huella de carbono es menor. Según el Departamento de Energía de EE.UU., los VE son unas tres veces más eficientes que los coches de gasolina (Energy, 2013).

La adopción de los VE se ha visto impulsada por una combinación de factores, como la preocupación por el medio ambiente, los incentivos gubernamentales y los avances en la tecnología de las baterías. Según la Agencia Internacional de la Energía, se espera que el mercado mundial de VE alcance los 145 millones de vehículos en 2030 (Agency, 2022).

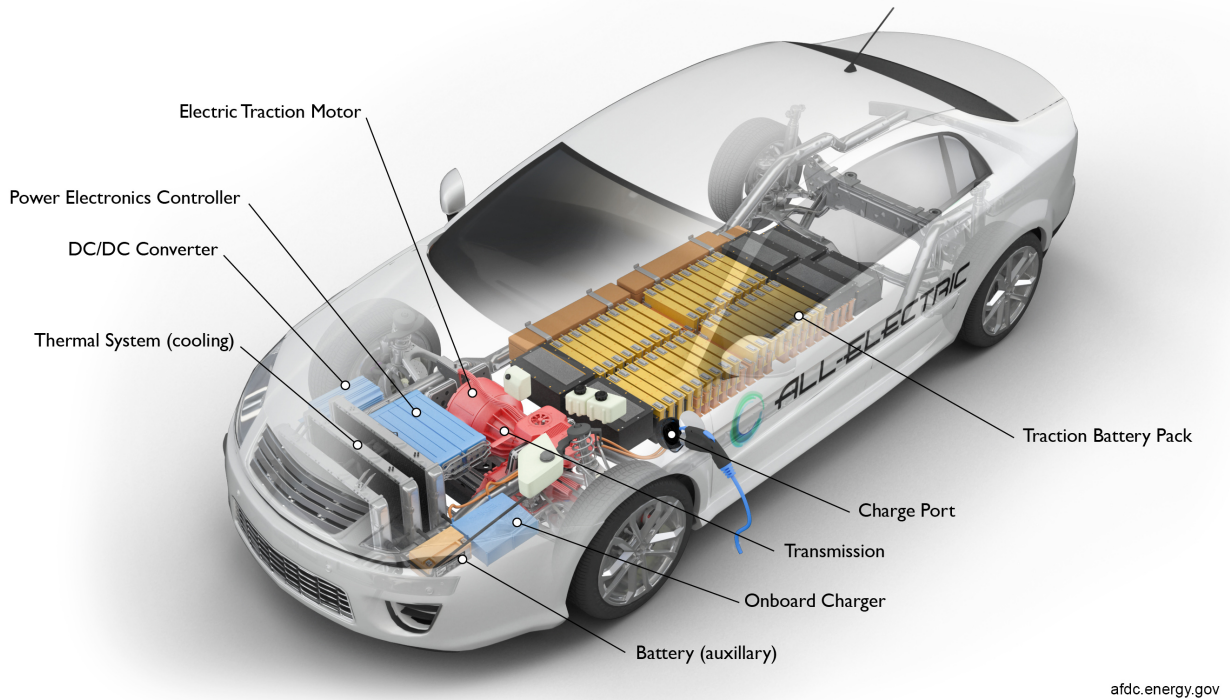
Entre las ventajas de los VE figuran la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) y la disminución de los costes de transporte debido al menor coste de la electricidad en comparación con el de la gasolina. Sin embargo, entre los retos para su adopción generalizada se encuentran el elevado coste inicial de los VE, la limitada infraestructura de recarga y la relativa baja autonomía que presentan algunos modelos de entrada en comparación con los convencionales.

Como se muestra en la Figura 2.4, los principales componentes de un Vehículo eléctrico son:

- **Batería :** En un vehículo eléctrico, la batería auxiliar suministra electricidad para alimentar la propulsión y sistemas aborde del vehículo.
- **Puerto de carga:** El puerto de carga permite que el vehículo se conecte a una fuente de alimentación externa para cargar la batería principal.
- **Convertidor CC/CC:** Este dispositivo convierte la corriente continua de mayor voltaje de la batería en corriente continua de menor voltaje necesaria para alimentar los sistemas a bordo del vehículo y recargar la batería principal.

- **Motor eléctrico:** Utilizando la energía de la batería, este motor impulsa las ruedas del vehículo. Algunos vehículos utilizan motores generadores que realizan tanto la función de propulsión como la de regeneración.
- **Cargador a bordo:** Toma la corriente alterna suministrada a través del puerto de carga y la convierte en corriente continua para cargar la batería de tracción. También se comunica con el equipo de carga y supervisa las características de la batería, como el voltaje, la corriente, la temperatura y el estado de carga durante la carga de la batería. No todos los vehículos cuentan con este componente de forma interna y pueden requerir estaciones de carga dedicadas.
- **Controlador de electrónica de potencia:** Esta unidad gestiona el flujo de energía eléctrica suministrada por la batería, controlando la velocidad y potencia entregada por el motor de tracción eléctrico.
- **Sistema de enfriamiento:** Este sistema mantiene un rango de temperatura de funcionamiento adecuado para el motor, la batería y otros sistemas que requieran de enfriamiento activo.
- **Batería:** Almacena la electricidad para su uso por el motor de tracción eléctrico.
- **Transmisión (eléctrica):** La transmisión transfiere la energía mecánica del motor de tracción eléctrico para impulsar las ruedas.

All-Electric Vehicle



afdc.energy.gov

Figura 2.4: Diagrama partes de un vehículo eléctrico

(Fuente: Alternative Fuels Data Center, 2022)

2.1.3.3. Vehículos Híbridos.

Los vehículos eléctricos híbridos (VEH) utilizan tanto un motor de combustión interna como uno o varios motores eléctricos que emplean energía almacenada en baterías. Esta combinación ofrece las ventajas de una gran eficiencia de combustible y bajas emisiones de gases de escape, así como la potencia y autonomía de los vehículos convencionales.

En general los VEH suelen ser más caros que sus versiones no híbridas. Sin embargo, la diferencia de coste puede verse compensada por el ahorro de combustible y la disminución de emisiones a lo largo de su vida útil.

En los vehículos híbridos, el motor eléctrico puede proporcionar potencia adicional, lo que permite utilizar un motor de combustión más pequeño. Cuentan también con un frenado regenerativo, ya que la mayoría de vehículos híbridos no pueden cargarse mediante fuentes de electricidad externas, sino que dependen del frenado regenerativo y del motor de combustión interna para cargar sus baterías. El motor eléctrico funciona como un generador durante el frenado, capturando y almacenando la energía que normalmente se pierde en un frenado por fricción. Los principales sistemas de un vehículo híbrido se observan en la figura 2.5:

- **Batería (auxiliar o "de partida"):** En un vehículo de propulsión eléctrica, la batería auxiliar de bajo voltaje suministra electricidad para arrancar el coche antes de que se conecte la batería principal de tracción, también alimenta los sistemas a bordo del vehículo.
- **Convertidor CC/CC:** Este dispositivo convierte la corriente continua de alto voltaje de la batería principal en la corriente continua de bajo voltaje necesaria para recargar la batería auxiliar.
- **Generador eléctrico:** Genera electricidad a partir de la energía cinética disponible al frenar, transfiriendo esa energía de nuevo a la batería principal. Algunos vehículos utilizan motores/generadores que realizan tanto la función de propulsión como la de regeneración/frenado.
- **Motor eléctrico de tracción:** Utilizando la energía de la batería principal, este motor impulsa las ruedas del vehículo.
- **Sistema de escape:** El sistema de escape canaliza los gases de escape del motor a través del tubo de escape. Un catalizador de tres vías está diseñado para reducir las emisiones del motor dentro del sistema de escape.
- **Depósito de combustible (gasolina):** Este depósito almacena la gasolina a bordo del vehículo hasta que la utiliza el motor.
- **Motor de combustión interna (encendido por chispa):** En esta configuración, el combustible se inyecta en el colector de admisión o en la cámara de combustión, donde se combina con el aire, y la mezcla de aire y combustible se enciende por la chispa emitida por una bujía.
- **Controlador electrónico de potencia:** Esta unidad gestiona el flujo de energía eléctrica suministrada por la batería de tracción, controlando la velocidad del motor eléctrico de tracción y la potencia que produce.
- **Sistema de refrigeración:** Este sistema mantiene una temperatura de funcionamiento adecuada del motor, motor eléctrico y todos los sistemas a bordo del vehículo que puedan requerir enfriamiento activo.
- **Batería principal:** Almacena la electricidad que utilizará el motor eléctrico de tracción.
- **Transmisión:** La transmisión transfiere la potencia mecánica del motor principal y del motor eléctrico de tracción para propulsar las ruedas.

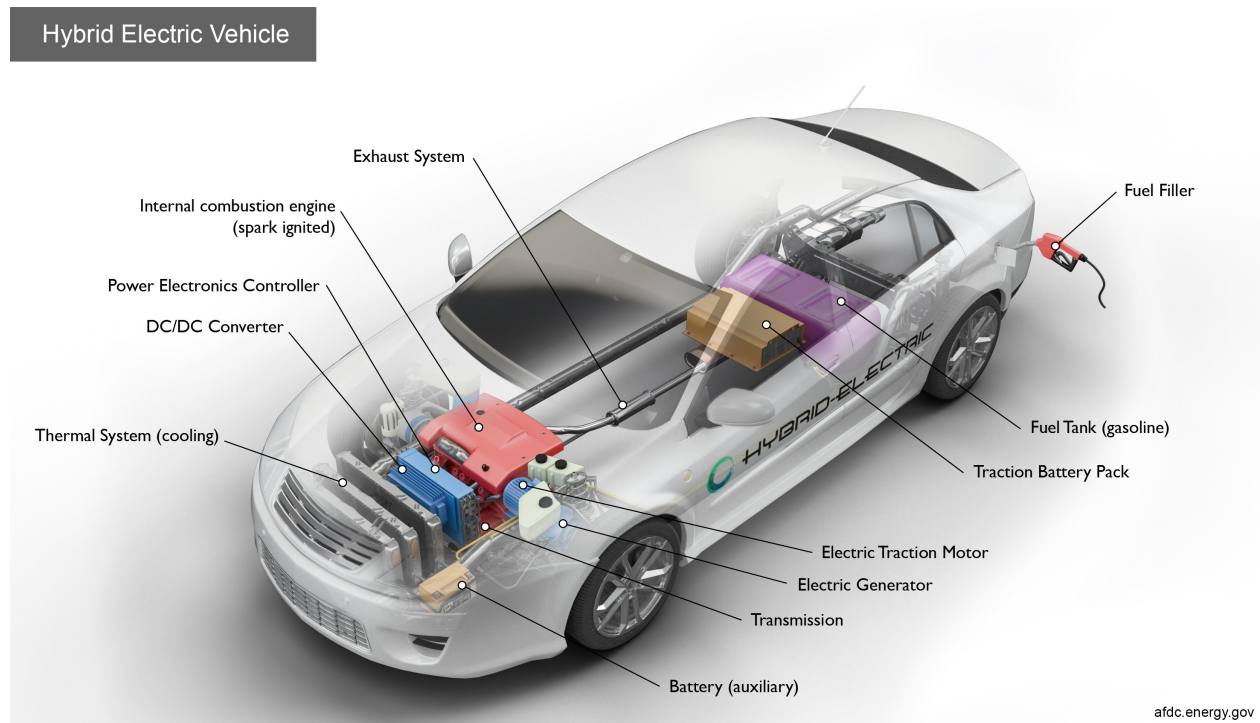


Figura 2.5: Diagrama partes de un vehículo eléctrico Híbrido

(Fuente: Center, 2022b)

2.1.3.4. Vehículos convertidos a eléctricos.

Es un vehículo que comienza su vida como un vehículo convencional de combustión interna (VCI), el que posteriormente es sometido a un proceso de conversión, que consiste en cambiar, modificar y retirar determinados componentes clave (Silva y Junior, 2019). El primer cambio, y el más significativo, es la sustitución del motor de combustión interna por un motor eléctrico. Este motor suele montarse en el mismo lugar que el motor original para ser conectado a la transmisión del vehículo. El siguiente componente crítico a sustituir es el depósito de combustible. Dado que un vehículo convertido no utiliza gasolina ni diésel, el depósito de combustible se sustituye por un paquete de baterías que almacena energía eléctrica. Este paquete de baterías suele estar situado en el maletero o bajo el suelo del coche, dependiendo de la marca, el modelo del vehículo y el tamaño de la batería que debe ser instalada.

Otros componentes críticos que deben ser cambiados son el módulo de control electrónico, retirando el original (de VCI) y reemplazándolo por uno dedicado a gestionar la potencia eléctrica que entrega el paquete de baterías al motor eléctrico. También se cambia el sistema de refrigeración, por uno que sea capaz de refrigerar las baterías, el motor y todos los sistemas a bordo que requieran de refrigeración activa para mantener una temperatura de funcionamiento segura.

Dentro de los componentes que dejan de ser necesarios y deben ser retirados se encuentra el alternador, el motor de arranque, el sistema de escape y los inyectores de combustible.

Por último, el salpicadero y los controles también tendrán que modificarse para informar el estado de la nueva fuente de energía. Por ejemplo, el indicador de combustible tendrá que sustituirse por un indicador de carga de la batería, y el pedal del acelerador se sustituirá por un acelerador que, conectado al módulo de control electrónico, permita al usuario controlar la potencia del motor eléctrico. Ver resumen de la conversión en Tabla 2.5.

Tabla 2.5: Resumen componentes Conversión.

Componente	Cambio requerido	Reemplazo (en caso de ser reemplazado)
Motor de combustión interna (VCI)	Reemplazado	Motor eléctrico.
Tanque de combustible	Reemplazado	Paquete de baterías.
Sistema de gestión del combustible/-mezcla	Reemplazado	Módulo de control electrónico.
Sistema de refrigeración	Reemplazado/Modificado	Sistema de enfriamiento para paquete de baterías.
Pedal de acelerador	Reemplazado/ Modificado	Pedal de acelerador para vehículo eléctrico.
Indicador de combustible	Reemplazado/ Modificado	Indicador de carga de la batería.
Sistema de escape	Retirado	N/A
Alternador	Retirado	N/A
Motor de arranque	Retirado	N/A
Inyectores de combustible	Retirado	N/A

(Fuente: Elaboración propia basado en Silva y Junior, 2019.)

Finalmente, un vehículo convertido, presenta un diagrama muy similar al mostrado en la Figura 2.4, difiriendo principalmente en la ubicación de la batería de tracción, que en el caso de las conversiones variará en función del modelo convertido.

Tipos de Conversiones.

Entre los tipos más comunes de conversiones se encuentra la conversión básica, desarrollada en la Tabla 2.5 y en segundo lugar, un tipo de conversión más avanzado, que incluye el cambio o eliminación de la caja de cambios dentro del sistema de transmisión, cambio que tiene como ventaja principal el aumento en la eficiencia del vehículo convertido, sustentado en que la transferencia de potencia ocurre de forma más directa entre el motor eléctrico y las ruedas. Por otra parte, la modificación o cambio de este componente trae consigo 2 desventajas muy importantes para este análisis: requiere de un motor que sea eficiente en un rango mayor de revoluciones por minuto, aumentando considerablemente su costo. Adicional a esto, requiere de una modificación mayor al vehículo, potencialmente afectando de mayor forma su centro de masa, variable muy importante dentro de los análisis de seguridad y legal de este documento.

2.1.4. Efectos sobre el medio ambiente en cada etapa del ciclo de vida de un vehículo.

La clasificación en etapas del ciclo de vida es importante para entender y clasificar de mejor forma los impactos ambientales de los vehículos.

Esto ayuda a identificar los puntos críticos en el ciclo de vida de los vehículos, lo que permite a los fabricantes y usuarios tomar medidas para reducir los impactos ambientales, como lo son las conversiones tratadas en este documento. Esto también facilita encontrar los puntos en los que se pueden realizar mejoras para reducir el impacto ambiental de los vehículos.

Extracción y procesamiento de materiales.

Hace referencia al proceso de obtención de los materiales necesarios para la fabricación de los vehículos. Esto incluye la extracción de los recursos naturales, como el petróleo, el gas natural, el aluminio y otros materiales. Esta etapa también incluye el procesamiento de los materiales para su uso en la fabricación de los vehículos.

Fabricación.

El proceso de fabricación se refiere al proceso de producción de los vehículos a partir de los materiales obtenidos en la etapa de extracción. Esto incluye la fabricación de los componentes, el ensamblaje de los vehículos y la prueba

de los vehículos antes de su entrega. Esta etapa también incluye la eliminación de los residuos generados durante el proceso de fabricación.

Uso.

La etapa de uso considera uso de los vehículos una vez que han sido fabricados. Esto incluye el consumo de combustible, el mantenimiento de los vehículos y la emisión de gases de escape.

Fin de la vida útil.

Esto incluye la recolección de los vehículos y el tratamiento de los residuos generados durante el proceso de eliminación.

2.1.5. Objetivos y metas nacionales de electromovilidad.

En función de los factores ambientales anteriormente revisados, el ministerio de energía, en conjunto con el ministerio de transportes, establecieron metas para acelerar la transformación del parque vehicular nacional a uno con mayor participación de vehículos cero emisiones, entre las que destacan:

- Para el año 2035 toda la venta vehículos livianos y medianos deben corresponder a vehículos cero emisiones (Ministerio de Energía, 2023a).
- Para el año 2050, los vehículos eléctricos de uso particular deben contar con al menos un 40 % de participación a nivel nacional (Ministerio de Energía, 2023b, ver figura 2.6).

Como se muestra en tabla 2.3, la participación, al 2021, de vehículos cero emisiones corresponde sólo al 0.07 % del parque vehicular nacional, participación todavía muy lejana a la meta propuesta para el año 2050.

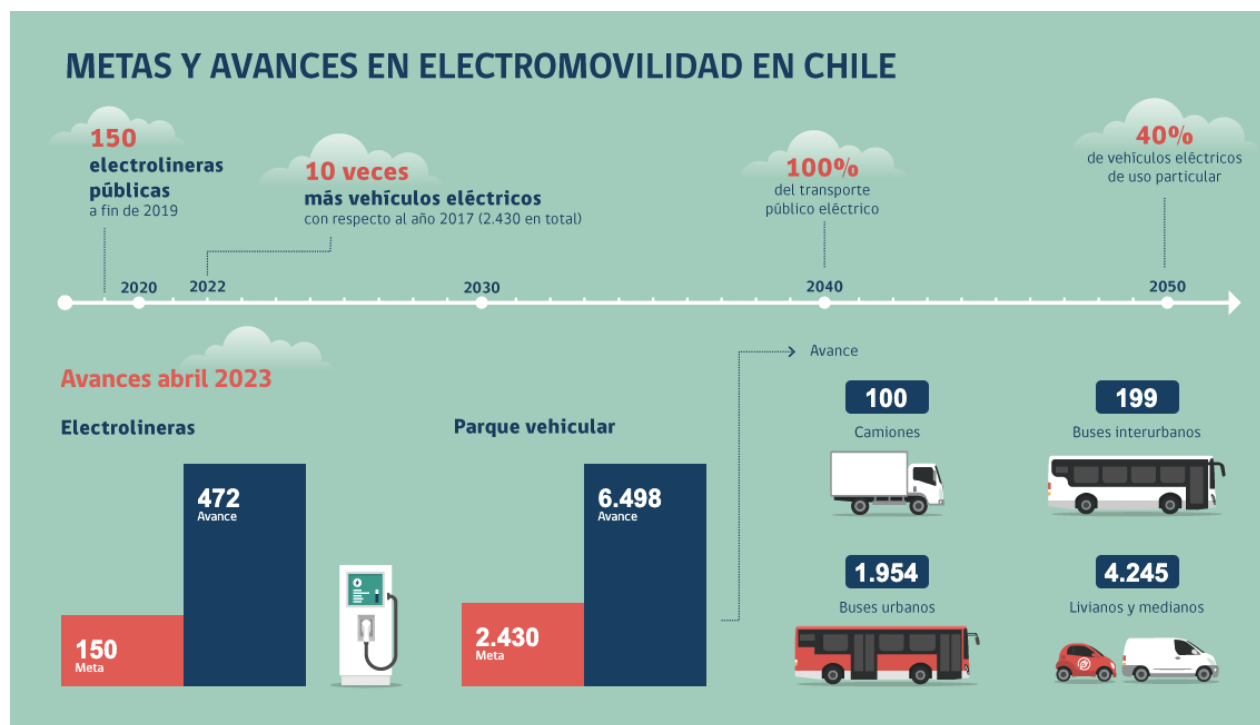


Figura 2.6: Infografía de metas electromovilidad vigentes ministerio de energía.

(Fuente: Ministerio de Energía, 2023b)

2.2. Factores económicos.

En esta sección, orientada en la recopilación de información pertinente para los usuarios finales de los vehículos que forman parte de la comparativa, se documentan los precios vigentes, abarcando tanto la adquisición directa de los vehículos en cuestión, como los costos asociados a los distintos combustibles empleados. Además, se incorporan tanto el valor histórico como las proyecciones de estos últimos.

2.2.1. Costos de los combustibles utilizados.

En esta sección se revisan los costos, comportamiento histórico y proyecciones de los principales combustibles revisados en este documento.

2.2.1.1. Gasolina.

En abril del 2023, según *Global Petrol Prices 2023*, el precio del litro de gasolina de 95 octanos presenta un precio promedio (a nivel nacional) de 1,283.18 CLP o 1.595 USD, con un tipo de cambio USD/CLP = 804.5. Se seleccionó la especificación de 95 octanos debido a que es el destilado específico que cuenta con mayores registros de precios tanto en Chile como en el mundo.

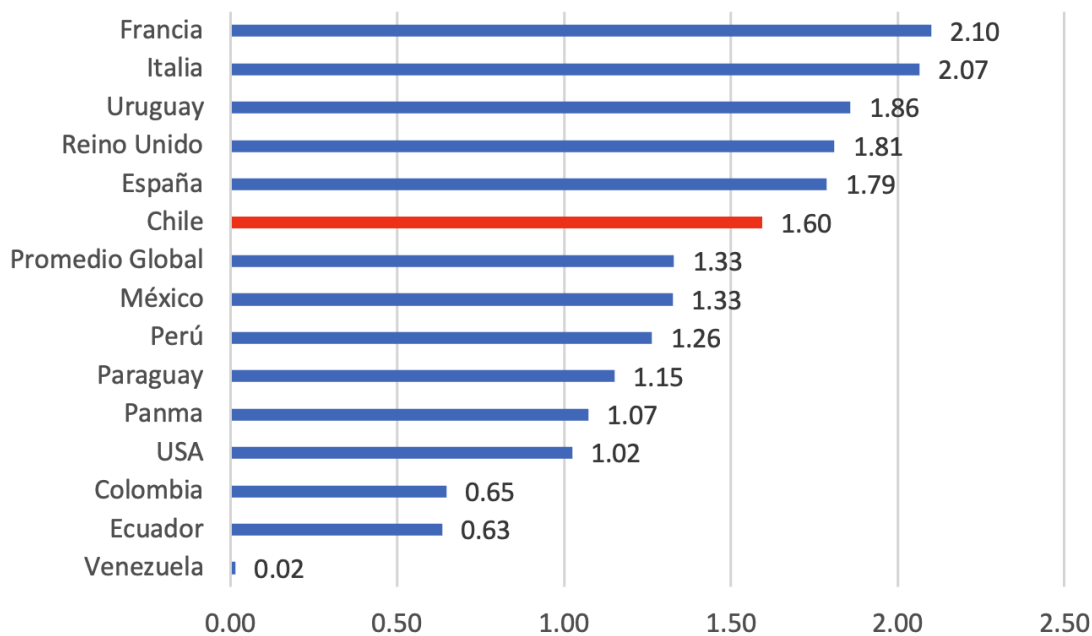


Figura 2.7: Precio litro gasolina 95 octanos en el mundo, litro consumidor USD.

(Fuente: *Global Petrol Prices 2023*)

Como se muestra en la figura 2.7, el precio de venta al consumidor es de 1.6 dólares americanos por litro de 95 octanos, superior al de Estados Unidos y al promedio de América latina, llegado incluso a ser un 19.9 % superior al promedio mundial (1.33 dólares americanos). Los precios de cada país dependen en gran medida de los impuestos y subsidios fijados por cada gobierno. En Chile opera el impuesto específico a los combustibles establecidos en la ley N° 18.502 (Comisión Nacional de Energía (CNE), 2023), impuesto que varía porcentualmente según lo establecido por el mecanismo de estabilización de precios que opera en Chile (MEPCO).

Mecanismo De Estabilización De Precios De Los Combustibles (MEPCO).

El Mecanismo de Estabilización de Precios de los Combustibles (MEPCO) fue creado por la Ley N° 20.765 y tiene como objetivo establecer un mecanismo que permita estabilizar los precios de los combustibles que están incluidos en la Ley N° 18.502 a nivel nacional. Para lograr esto, el MEPCO modifica los impuestos específicos a los combustibles establecidos en la ley N° 18.502 mediante la adición de una componente variable, determinado para cuatro combustibles: gasolina, diésel, gas natural comprimido y gas licuado de petróleo.

El MEPCO se aplica solamente a los cuatro combustibles mencionados y opera mediante la suma o resta de la componente variable al impuesto específico de la Ley N° 18.502. La banda de precios de referencia se establece en un $\pm 5\%$ sobre el precio de referencia intermedio y el precio de paridad se determina semanalmente observando los mercados relevantes de la Costa del Golfo de los Estados Unidos o el promedio de dos mercados relevantes.

En resumen, la Ley MEPCO establece un mecanismo de estabilización de precios de combustibles en el mercado interno de Chile para los cuatro productos mencionados (Comisión Nacional de Energía (CNE), 2023). El registro de los efectos que ha tenido en el valor de los combustibles se muestra en la figura 2.8.

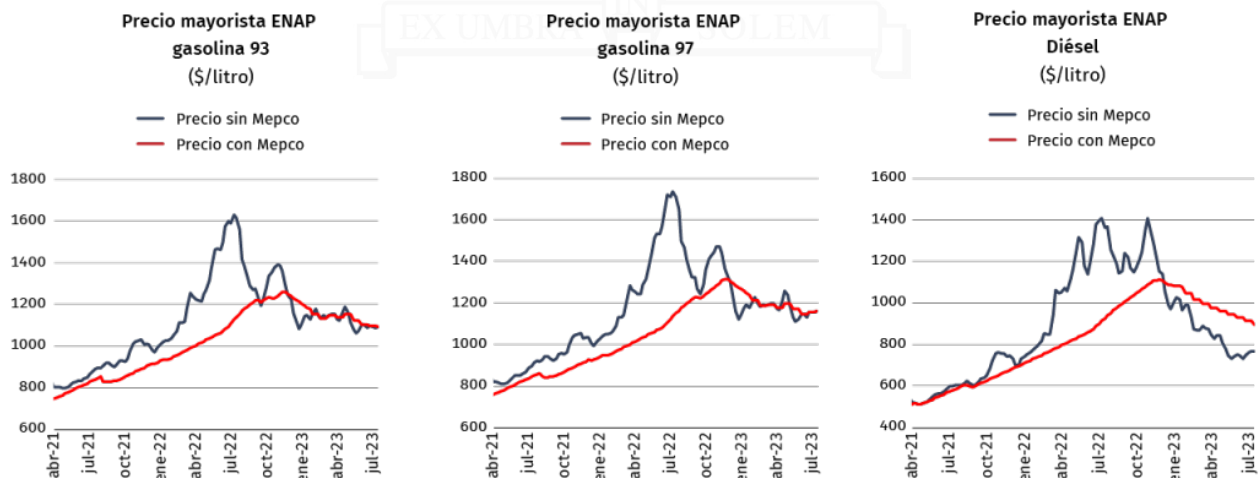
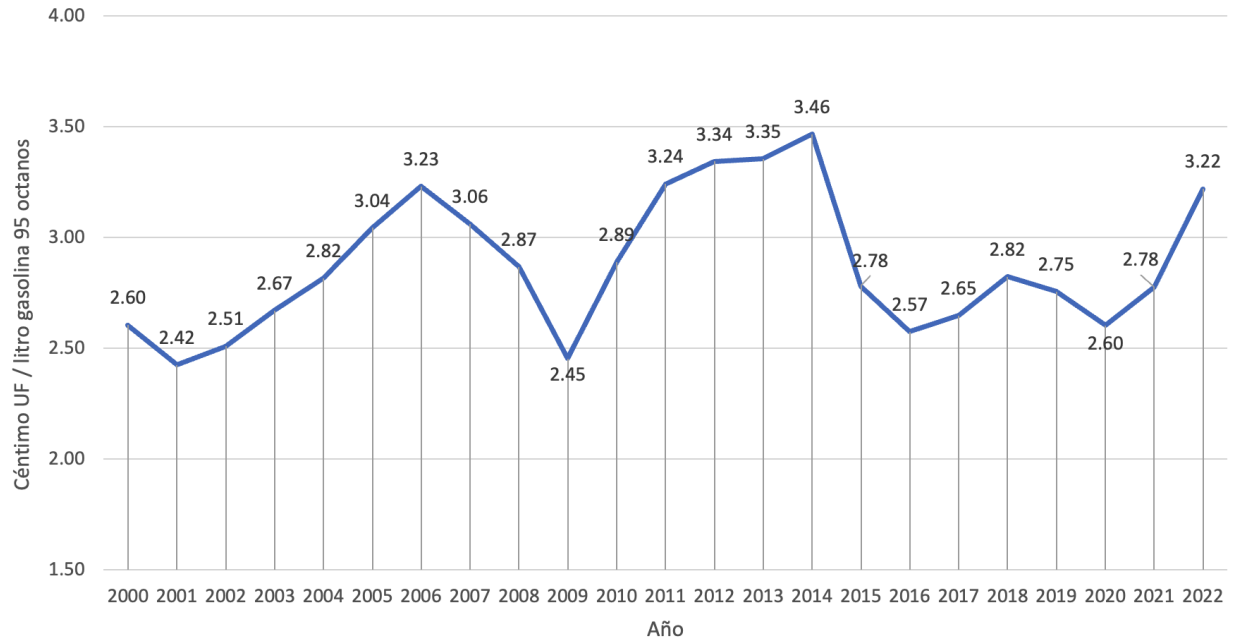


Figura 2.8: Precio Mayorista ENAP con y sin presencia del MEPCO.

(Fuente: Ministerio de Hacienda, Gobierno de Chile, 2023)

Precio histórico de la gasolina.

Con el fin de poder cuantificar, y proyectar el costo de utilización de cada tipo de vehículo en el horizonte de tiempo de la comparativa, se registraron los datos del precio promedio, en unidades de fomento(UF), de la gasolina de los últimos 22 años en Chile,:

**Figura 2.9: .**

Precio histórico litro gasolina de 95 octanos (consumidor) en Chile [$UF \times 10^{-2}$].

(Fuente: *CEPALStat - Comisión Económica para América Latina y el Caribe s.f.*, USD/CLP promedio *Valor del Dólar según el Servicio de Impuestos Internos (SII) 2017* y Banco Central de Chile, 2000–2023.)

Como se presenta en la figura 2.9, el valor de este activo ha presentado un alza promedio de UF 0.09 anuales. En los últimos 2 años han presentado un alza bastante superior al promedio anual, de UF 0.44 para el 2022 y UF 0.17 para el 2021, totalizando un aumento en 24 meses del 23.7 %. Alzas que según informa La Tercera, 2022, surgen por 3 factores macroeconómicos que han afectado a Chile en lo últimos 2 años.:

1. Guerra en Ucrania.

La que generó un listado de sanciones económicas a Rusia por parte de la comunidad internacional. Entre las medidas más destacadas, Estados Unidos y varias naciones europeas han impuesto un veto sobre la compra de petróleo crudo ruso. Al ser Rusia el segundo productor más grande de petróleo crudo a nivel mundial, estas sanciones han llevado a un aumento en el valor de mercado del crudo.

2. Alza en el precio del Dólar.

Considerando que Chile importa el 90 % de su consumo, el alza en el tipo de cambio repercute notoriamente en el precio del barril importado. Específicamente, desde el 2020, año en que el dólar cerró en CLP 711.06 ha aumentado su valor hasta su máximo de CLP 1,050 en julio del 2022 , un alza aproximada del 47 %. Lo que explica por si mismo cerca la mitad del alza desde el año 2020.

3. Inflación en Chile.

Según el índice de precios al consumidor **INE-IPC** el país ha presentado una inflación de 23.08 % desde diciembre del 2020 hasta marzo del 2023, detalle en figura 2.10. El efecto de este factor sólo se ve reflejado en el valor nominal del combustible y no en la figura 2.9 que muestra su valor en UF.

Para comprender de mejor forma el alza que se percibe en el valor nominal del combustible, se generó la figura 2.10 que muestra la variación porcentual del IPC con base en diciembre del 2020.

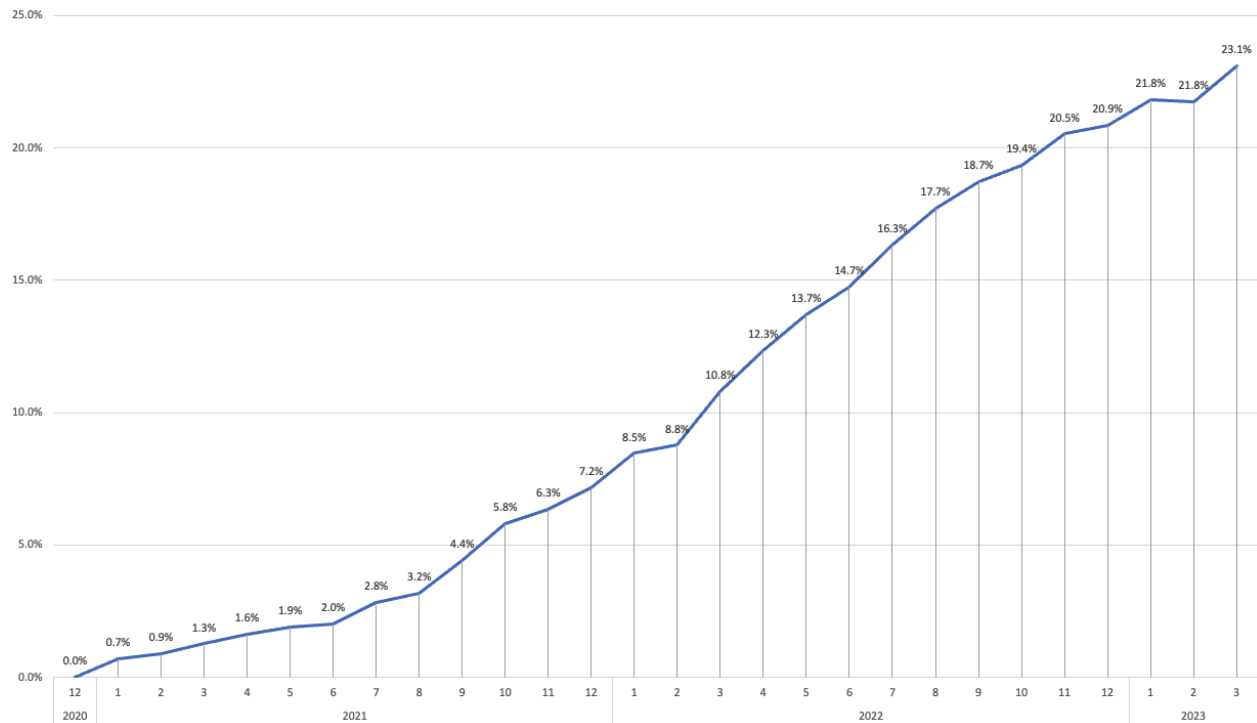


Figura 2.10: .
Variación porcentual del IPC, base diciembre 2020.

(Fuente: Instituto Nacional de Estadísticas, [s.f.](#))

Proyección futura de la gasolina.

Con la proyección del precio internacional de la gasolina, obtenida desde la Administración de Información de Energía de Estados Unidos (EIA), [2023](#) y a la base de datos histórica del precio nacional disponible en [Global Petrol Prices 2023](#) se generó la proyección del valor del litro de 95 octanos consumidor en Chile, gráfico expuesto en la figura 2.11. Corresponde a la proyección del caso base, caso que considera el supuesto de que en el horizonte de tiempo proyectado no se implementarán impuestos adicionales para desincentivar el uso de combustibles fósiles.

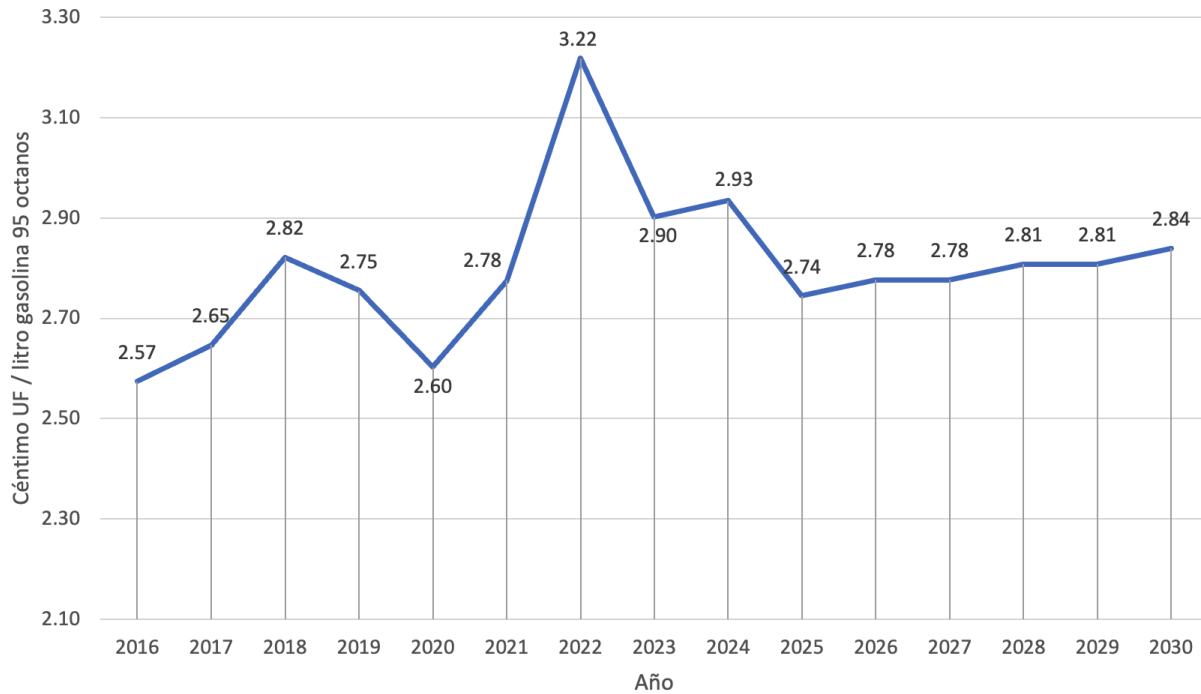


Figura 2.11: .
Proyección precio litro gasolina de 95 octanos en Chile, ($UF \times 10^{-2}$).

(Fuente: (EIA), 2023 y *Global Petrol Prices 2023*.)

2.2.1.2. Diesel.

Considerando que tanto la gasolina como el diésel son productos de la destilación de la misma materia prima (crudo de petróleo), gran parte del análisis ya realizado para la gasolina es aplicable al del diésel.

En abril del 2023, según *Global Diesel Prices 2023*, el precio del litro de diésel presenta un precio promedio (a nivel nacional y para el consumidor) de 1,077 CLP o 1.34 USD, con un tipo de cambio USD/CLP = 804.5.

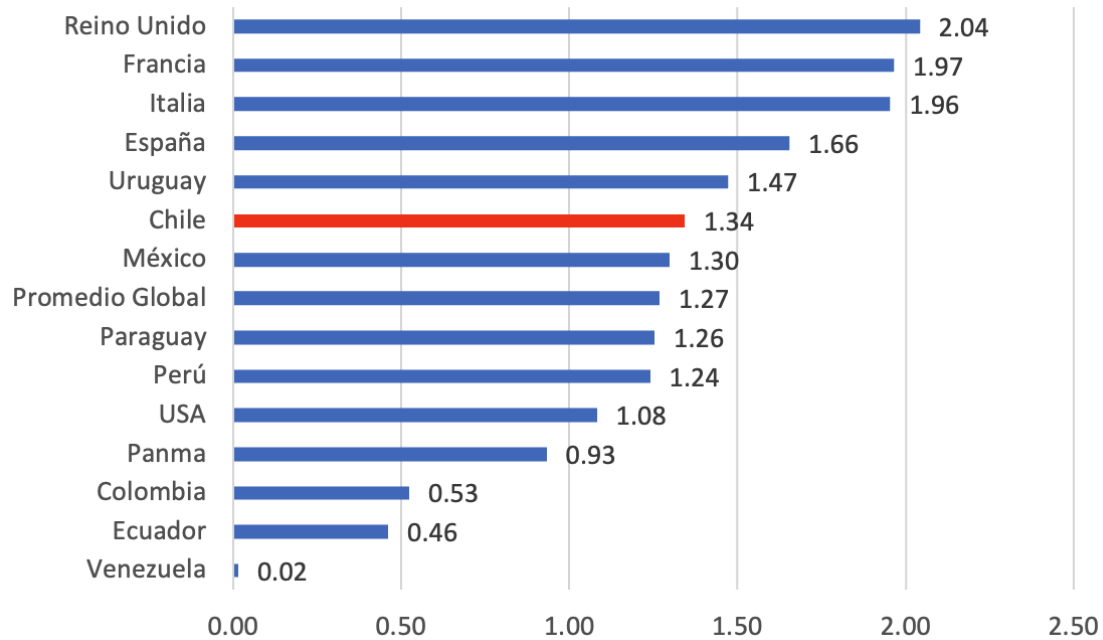


Figura 2.12: .
Precios diésel (litro consumidor consumidor) en el mundo, abril 2023 [USD].
(Fuente: *Global Diesel Prices 2023*)

El valor del litro de diésel en Chile (1.34 dólares americanos por litro consumidor) es superior a la mayoría de América latina y un 5.5 % superior al promedio global (1.27 dólares americanos). Su precio también se ve afectado, a nivel nacional, por la Comisión Nacional de Energía (CNE), 2023, al ser uno de los cuatro combustibles que regula este mecanismo (ver figura 2.12).

Precio histórico diésel.

Como se muestra en la figura 2.13 el precio histórico del diésel ha presentado un comportamiento muy similar al de la gasolina, presentando un alza promedio de 0.003 UF anuales, la que también se vio afectada por los mismos factores revisados para la gasolina.

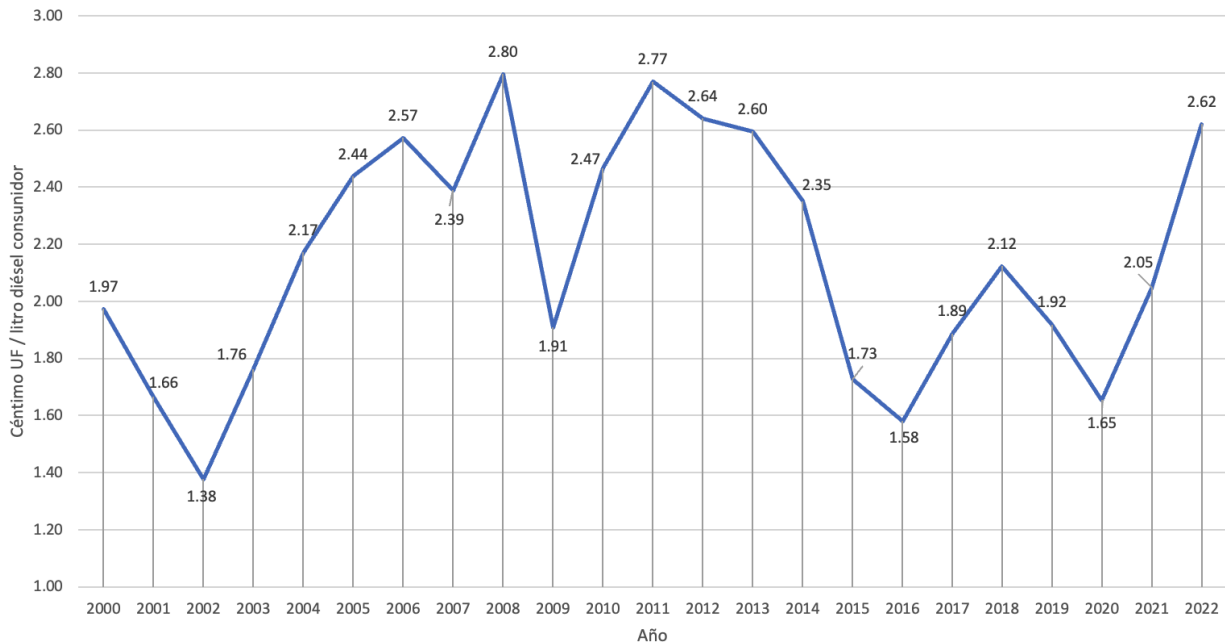


Figura 2.13: .
Precio histórico diésel (litro consumidor) en Chile ($UF \times 10^{-2}$).

(Fuente: *CEPALStat - Comisión Económica para América Latina y el Caribe s.f.*, USD/CLP promedio *Valor del Dólar según el Servicio de Impuestos Internos (SII) 2017* y Banco Central de Chile, 2000–2023.)

Proyección futura diésel.

Nuevamente, con los datos obtenidos de *Global Diesel Prices 2023* y (EIA), 2023 se generó una proyección del precio nacional del diésel para los próximos 7 años, detallada en la figura 2.14. Corresponde a la proyección del caso base, caso que considera el supuesto de que en el horizonte de tiempo proyectado no se implementarán impuestos adicionales para desincentivar el uso de combustibles fósiles.

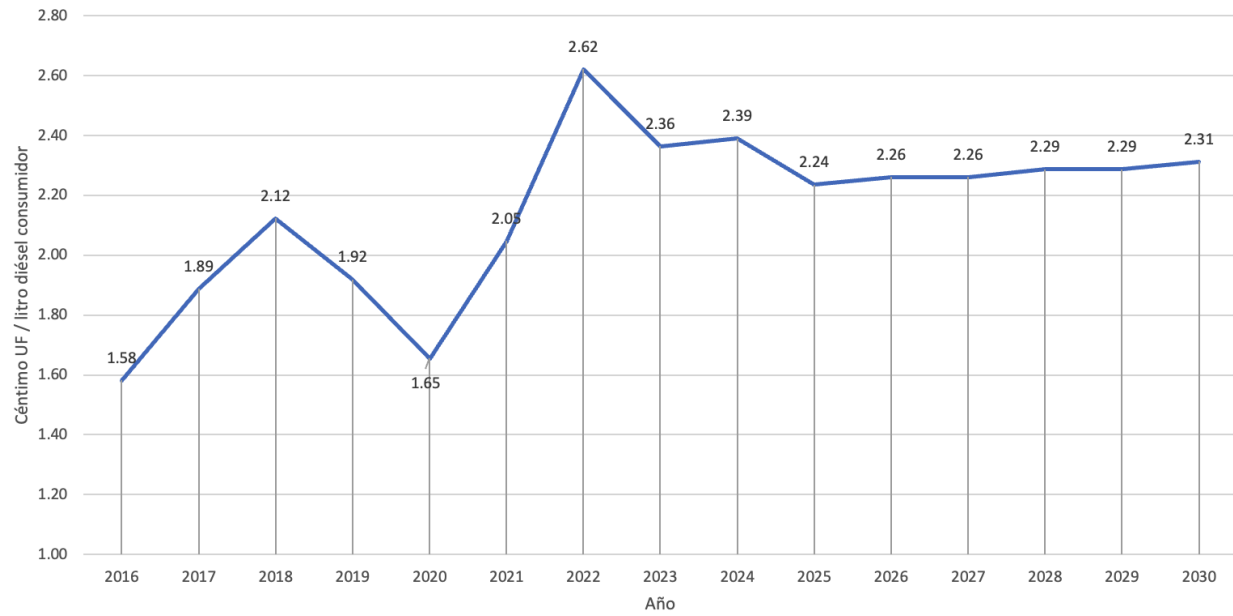


Figura 2.14: .
Proyección precio del diésel (litro consumidor) en Chile ($UF \times 10^{-2}$).

(Fuente: [Global Diesel Prices 2023](#) y (EIA), 2023)

2.2.1.3. Electricidad, costos y proyecciones.

Precio en el mundo.

A abril del 2023, en Chile, el precio del kWh de energía eléctrica es de 0.19 USD o 155.26 CLP. Como ocurre con el resto de los combustibles analizados en este documento, se encuentra dentro de los más altos de América Latina, llegando a ser superior al de Estados Unidos y el promedio mundial en un 13 % (ver figura 2.15) .

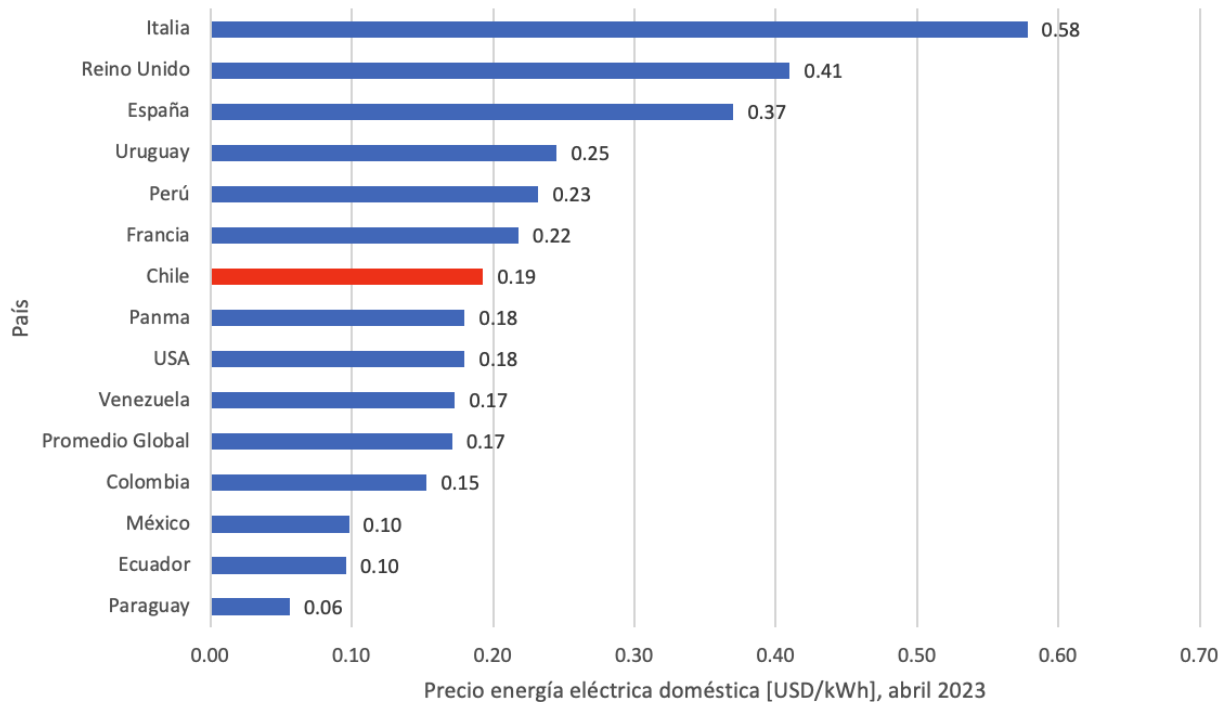


Figura 2.15: .
Precios energía eléctrica doméstica en el mundo[USD/kWh].

(Fuente: [Global Electricity Prices 2023](#))

Precio de la energía eléctrica en Chile.

Como ocurre con el resto de los combustibles en la comparativa, el costo del kWh también cuenta con un mecanismo gubernamental para la estabilización de su precio, mecanismos denominados leyes PEC.

Las leyes PEC en Chile, también conocidas como leyes de estabilización del precio de la energía eléctrica, son medidas que se han implementado con el objetivo de evitar la volatilidad en el precio de la electricidad y mantenerla estable en el tiempo.

PEC 1: Ley 21.185, promulgada en 2019, estableció un mecanismo para estabilizar el precio de la energía eléctrica en base a deuda. Esta ley permitió contener el aumento del precio de la electricidad durante los últimos tres años, a cambio de que no disminuya hasta el año 2032. PEC 1 fijó un tope de deuda de USD 1,350 millones para el mecanismo de estabilización(BCN, [2023a](#)).

PEC 2: Ley 21.472, aprobada en 2022, es una extensión de la PEC 1 y establece un nuevo mecanismo de estabilización del precio de la energía eléctrica en base a deuda. Esta nueva ley establece un tope de deuda de USD 1,800 millones para el mecanismo de estabilización y se debe monitorear constantemente para evitar la implementación de una nueva ley (PEC 3) que obligue a mantener el precio alto más allá del 2032(BCN, [2022](#)).

Según indica el Director Ejecutivo de la Fundación Energía para Todos, en su reportaje de CIPER-Chile, [2023](#) uno de los efectos negativos de la implementación de estas leyes es que el costo del kWh en Chile no disminuirá hasta hasta el año 2032, proyección en figura 2.16.

Registro y comportamiento de precios.

Al igual que otros combustibles analizados en este estudio, el valor de la energía eléctrica también ha ido aumentando en el tiempo. Sin embargo, como es un bien que puede ser medianamente sustituto por combustibles fósiles

, y en parte se deriva de los mismos, su valor también se ha visto afectado por las alzas recientes, como se muestra en la figura 2.16.

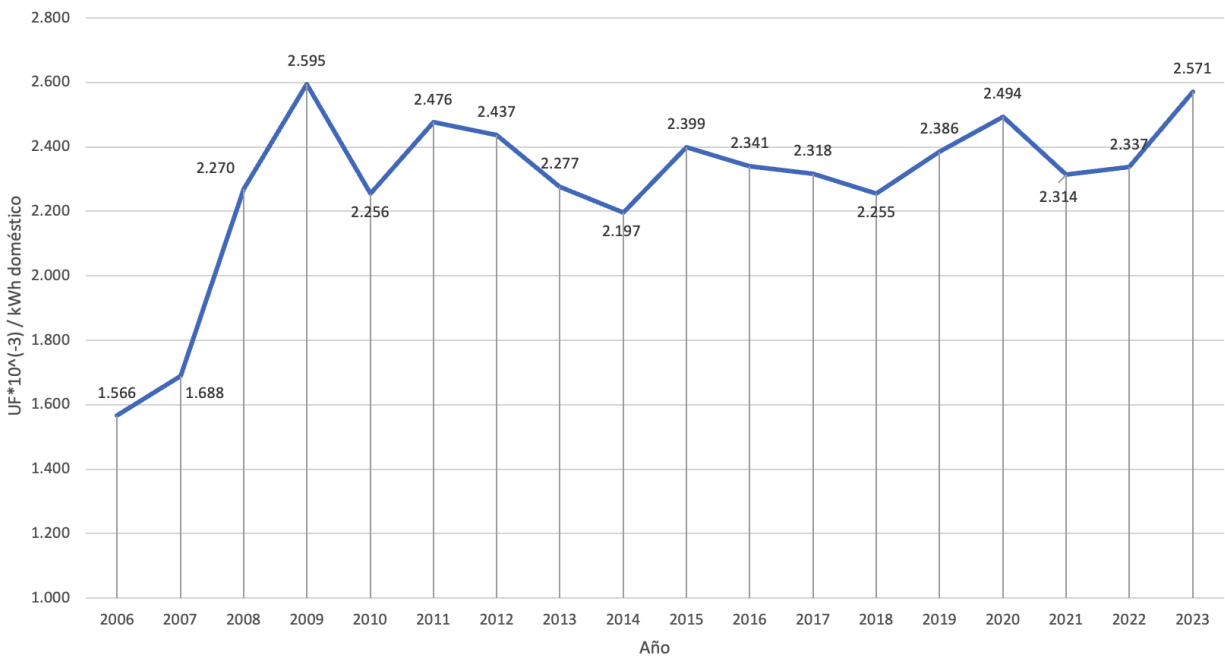


Figura 2.16: .

Precio promedio doméstico ($UF \times 10^{-3}/kWh$) en Chile.

(Fuente: Centro de Despacho Económico de Carga del Sistema Interconectado Central de Chile, 2023)

Proyección de precios energía eléctrica en Chile.

Replicando el proceso realizado para los combustibles fósiles, y utilizando los datos obtenidos del Centro de Despacho Económico de Carga del Sistema Interconectado Central de Chile, 2023 y la (EIA), 2023, se generó una proyección del precio nacional de la energía eléctrica doméstica ($UF \times 10^{-3}/kWh$) detallada en la figura 2.17. La que muestra la proyección del caso base, el cual supone que no habrá la implementación de impuestos adicionales en el horizonte de tiempo proyectado para desalentar el uso de ningún tipo de combustible.

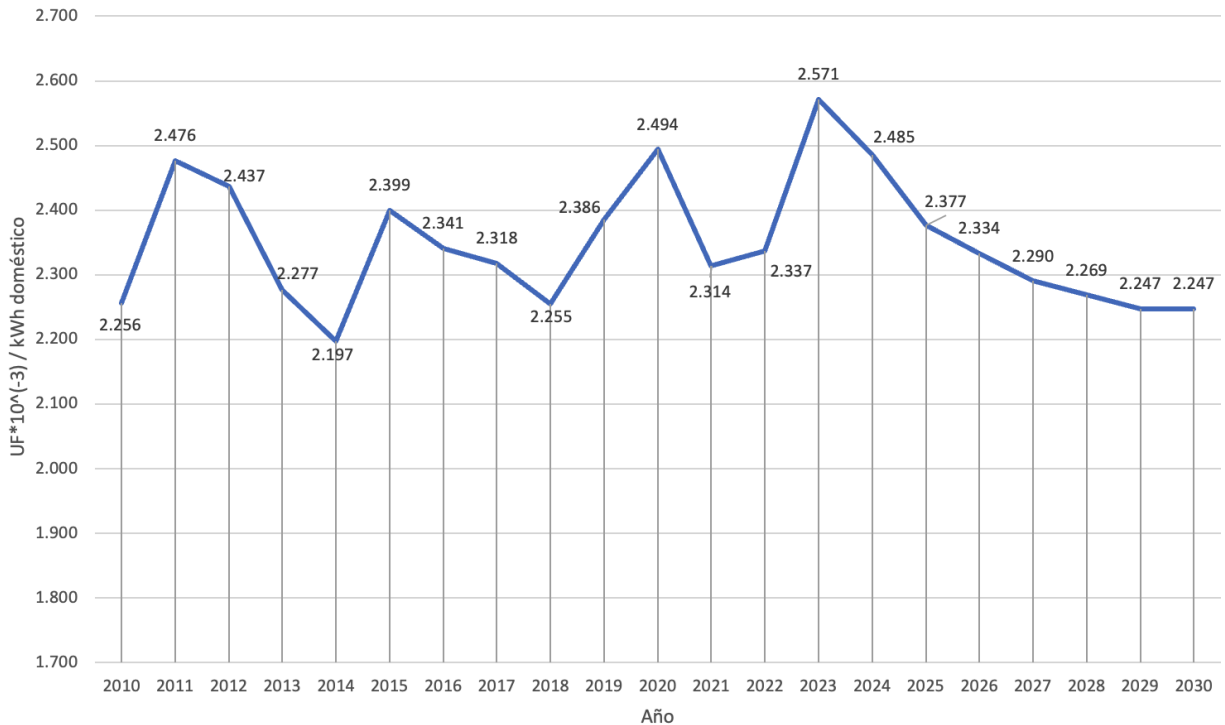


Figura 2.17: Proyección precio energía eléctrica ($UF \times 10^{-3}/\text{kWh}$).

(Fuente: Centro de Despacho Económico de Carga del Sistema Interconectado Central de Chile, [2023](#) y (EIA), [2023](#))

2.2.2. Costos de adquisición vehículos.

El costo de adquisición de todos los tipos de vehículos ha ido aumentando drásticamente desde mediados del 2021, por efecto de los problemas globales de las cadenas de suministro, con una escasez de chips que afectó la producción a nivel global. Si bien se espera que el suministro de estos semiconductores se normalice durante el 2023 y 2024, es probable que los precios de los automóviles nuevos sigan siendo elevados, aunque disminuyendo, debido a los costos generados por la inflación de los materiales y mano de obra (J.P.Morgan, [2023](#)). Se estima que a lo largo del 2023 los precios de ventas de vehículos nuevos disminuyan entre un 2.5 y un 5 %.

En cuanto al mercado nacional específicamente, todavía no se ha evidenciado una reducción de precios en los vehículos nuevos pero sí se ha registrado una leve mejora en cuanto al mercado de los usados.

Para el caso específico de los vehículos usados, como lo indica T13, [2023](#), el precio de venta promedio de los vehículos usados ha caído desde CLP 15.298.681 (UF435) en febrero del 2022 a CLP 13.235.200 (UF370) en febrero del 2023, lo que representa una baja, descontando los efectos de la inflación, de un 15.2 %. Disminución que se espera continúe a lo largo del 2023.

2.2.2.1. Costo adquisición vehículos eléctricos.

En la actualidad los costos de los vehículos eléctricos en Chile se mantienen relativamente altos en comparación con sus alternativas convencionales. Reservando de esta manera su accesibilidad exclusivamente a los consumidores que buscan vehículos de alta gama. Sin embargo, gracias a la reciente entrada al mercado nacional de nuevos modelos del mercado asiático, el costo de adquisición de esta tecnología ha disminuido notablemente.

En la tabla 2.6 se listan los 10 vehículos 100 % eléctricos más accesibles en el mercado nacional.

Tabla 2.6: Vehículos eléctricos de menor precio en Chile.

Marca y Modelo	Precio[CLP]
Kia Niro EV	\$44.990.000
Geely Geometry	\$42.990.000
Maxus Euniq 6	\$40.990.000
DS3 Crossback E-Tense	\$40.590.000
MG Marvel R	\$39.990.000
Nissan Leaf	\$37.690.000
Hyundai Kona	\$37.490.000
Peugeot e-2008	\$36.690.000
BYD Yuan Plus EV	\$35.590.000
MG ZS EV	\$29.990.000

(Fuente: Vehículos eléctricos más económicos, Tercera, 2023)

Sin embargo estos costos siguen siendo comparativamente elevados y poco accesibles para el consumidor promedio.

2.2.2.2. Costo de adquisición de vehículos eléctricos en el mediano plazo.

Según GOBankingRates, 2023, se espera que en un horizonte de 10 años el costo de adquisición de los vehículos eléctricos baje debido a los siguientes factores:

1. **Mercado más competitivo.**

Más fabricantes se encuentran entrando al mercado, lo que se espera aumente la oferta, y en consecuencia, disminuya los precios en el mediano plazo.

2. **Eficiencias de producción.**

Se esperan mejoras en el proceso de diseño, batería y fabricación de vehículos eléctricos, mejoras que se espera disminuyan el valor de mercado de los mismos.

3. **Disminución de costos por economías de escala.**

Según indica Goldman-Sachs, 2023 se espera que para el 2035 la mitad de las ventas, y producción, de vehículos nuevos sean eléctricos. Aumento en la producción que se espera disminuya los precios en función de las economías de escala alcanzadas.

4. **Políticas públicas.**

Se espera una mayor cantidad de incentivos públicos que reduzcan el coste inicial de los vehículos eléctricos para los compradores.

Se estima que el efecto agregado de todos los factores mencionados logre equiparar los valores de los vehículos eléctricos con los convencionales para finales del año 2035.

2.2.3. Impuestos asociados a la adquisición.

Si bien algunos distribuidores de vehículos en Chile entregan ayudas financieras para el pago de determinados impuestos, estos no siempre se encuentran incluidos en el valor de mercado de los vehículos nuevos, por lo que deben ser tratados como un costo adicional en la adquisición de un vehículo (Dercocenter, 2021):

2.2.3.1. Primera inscripción de vehículos motorizados.

Corresponde a la primera inscripción de todos los vehículos motorizados, lo que les permite, junto con otros requerimientos, el tránsito por territorio nacional (ChileAtiende, 2023). Se rige bajo las normas impuestas por la Ley N° 18.290, de 1984, (Ley de tránsito BCN, 2023c) y el Decreto Supremo (DS) N° 1.111, de 1984 (BCN, 2023e).

Este impuesto debe ser pagado por el propietario de cualquier vehículo motorizado al momento de la adquisición de un vehículo nuevo.

El costo de este trámite consta de dos componentes: La inscripción CLP \$39,370 (UF 1.1) y el costo de la placa patente CLP \$23,490(UF 0.7). Ambos valores registrados a mayo del 2023.

2.2.3.2. Seguro Obligatorio de Accidentes Personales (SOAP).

El Seguro Obligatorio de Accidentes Personales (SOAP), según lo indica la comisión nacional de seguridad de tránsito (CONASET, [2023](#)) y la Ley de Tránsito N° 18.290 (BCN, [2023d](#)), es un seguro de responsabilidad civil obligatorio que deben contratar todos los propietarios de vehículos motorizados que circulan en las vías públicas de Chile. Este seguro cubre los posibles gastos médicos, indemnización por invalidez o fallecimiento y gastos de hospitalización de las posibles personas que resulten víctimas de un accidente de tránsito en el que esté involucrado el vehículo asegurado.

La contratación del SOAP es responsabilidad del propietario del vehículo, quien debe renovar la póliza cada año. El valor de la prima del SOAP depende del tipo de vehículo y de la compañía de seguros en que sea contratado.

Respecto a los tipo de vehículos revisados en este análisis, ninguno queda exento del pago de este seguro de carácter obligatorio.

Dado que su valor no se encuentra fijado por el estado, puede ir variando en el tiempo, a mayo del 2023, su menor valor lo registra la empresa Coopeuch, [2023](#) con un valor de CLP \$5.490 (UF 0.15) anuales para las categorías de Auto, Station Wagon y Jeep que considera todos los tipos de vehículos analizados en este documento.

2.2.3.3. Permiso de circulación.

El permiso de circulación en Chile es un documento obligatorio que deben obtener todos los propietarios de vehículos motorizados para poder circular por las vías públicas del país. Este permiso tiene como finalidad acreditar que el vehículo cumple con los requisitos de seguridad y medio ambiente, y que el propietario ha pagado los impuestos correspondientes al municipio donde se encuentra registrado el vehículo.

El permiso de circulación debe ser renovado anualmente, y su costo depende del valor fiscal del vehículo, así como de la comuna y región donde esté registrado. Para obtener este permiso, es necesario presentar una serie de documentos, tales como el certificado de revisión técnica, el seguro obligatorio de accidentes personales (SOAP), y el pago de las multas pendientes.

El proceso de obtención del permiso de circulación comienza en marzo de cada año, y el plazo para obtenerlo vence el 31 de marzo. En caso de no obtenerlo en este plazo, se puede incurrir en multas y sanciones por parte de las autoridades de tránsito.

Las municipalidades son las encargadas de emitir el permiso de circulación y de fiscalizar el cumplimiento de esta obligación. Además, algunas municipalidades ofrecen descuentos y beneficios a los propietarios de vehículos que realicen el pago en forma anticipada (Permiso Circulación, [2023](#)).

El costo de obtención de un permiso de circulación para cada vehículo analizado se obtuvo de forma online, luego de ingresar los datos requeridos para cada vehículo, en el portal del servicio de impuestos internos: [ibíd.](#)

2.2.3.4. Impuesto Verde.

También conocido como impuesto a emisiones contaminantes de vehículos nuevos, establecido en la ley 20,780 (BCN, [2023b](#)), el impuesto verde corresponde a un cobro que aplica a la compra de todos los vehículos nuevos en el país. Debidos a que el monto a tributar depende de los siguientes factores:

- Niveles de rendimiento urbano.
- Emisión de dióxido de nitrógeno.

■ Precio del vehículo.

Se considera que es un impuesto o política pública que busca disminuir la compra de vehículos de mayor impacto en el medio ambiente, esto debido a que su valor aumenta en directa relación con el consumo del vehículo [litros/100km] y con las emisiones de dióxido de carbono del mismo.

Bajo las consideraciones impuestas por la ley 20,780, se considera que ninguno de los vehículos nuevos, que utilizan combustibles fósiles, revisados en este documento quedan exentos del pago de este impuesto.

El monto del impuesto a pagar se puede revisar, ingresando la marca, tipo de vehículo y modelo, en la plataforma de cálculo del SII (Impuestos Internos, 2023).

Como se revisará en detalle en la sección de análisis financiero, bajo ciertas condiciones de nulas emisiones, según el registro del SII, algunos vehículos nuevos pueden quedar exentos del pago de este impuesto.

2.2.4. Indicadores económicos utilizados para el análisis.

Para este análisis económico realizado en este documento se utilizó la metodología revisada por el Profesor Ph.D. Ing.Hugo Osorio, 2008 en la asignatura evaluación de proyectos, de la cual se extraen un total de 4 indicadores, que en conjunto se utilizaron para determinar el beneficio económico, para el usuario final, de realizar una conversión como la analizada.

2.2.4.1. Tasa de descuento

Corresponde a la tasa de retorno requerida por el inversionista, la cual depende de diversos factores. Considerando la metodología utilizada y el tipo de inversión, para el cálculo de esta tasa se empleó una prima por riesgo, el costo del capital y la tasa libre de riesgo (del país) al momento de la evaluación, el cálculo se detalla en la ecuación 2.1.

$$T_d = C_c + P_r + T_l \quad (2.1)$$

Donde T_d corresponde a la tasa de descuento, C_c al costo de capital, P_r a la prima por riesgo y T_l a la tasa libre de riesgo del país.

2.2.4.2. Valor actual neto (VAN) o valor presente.

Es el indicador que localiza los flujos netos del proyecto en el presente.

$$VAN = \sum_{t=0}^{t=N} \frac{B_t - C_t}{(1 + r)^t} \quad (2.2)$$

En la ecuación 2.2, t hace referencia al periodo dentro de la sumatoria, B_t a los ingresos totales del periodo, C_t a los costos totales del periodo, r al tasa de descuento utilizada para la evaluación y N al horizonte de tiempo de la evaluación. Un VAN positivo indica que el proyecto tiene flujo netos positivos bajo la los costos e ingresos proyectados.

2.2.4.3. Tasa interna de retorno (TIR).

Se trata de la tasa de descuento r , que corresponde a la incógnita de la ecuación e iguala el valor actual de los beneficios al valor actual de los costos. También se puede definir como la tasa de descuento que hace que el VAN de l proyecto sea \$0).

$$\sum_{t=0}^{t=N} \frac{B_t - C_t}{(1+r)^t} = 0 \quad (2.3)$$

En la ecuación 2.3 t corresponde al periodo dentro de la sumatoria, N al horizonte de tiempo de la evaluación y $B_t - C_t$ al flujo neto del periodo t . El criterio de selección en base al TIR indica que una TIR superior a la tasa de descuento del inversionista puede ser rentable al entregar un valor actual neto positivo.

2.2.4.4. Payback o periodo de recuperación.

$$\sum_{j=0}^{T_p} \frac{F_j}{(1+T_d)^j} = 0 \quad (2.4)$$

Donde j corresponde a cada periodo dentro de la sumatoria, T_p al lapso requerido para que los flujos netos por el proyecto alcancen a cubrir por completo el costo inicial de la inversión. F_j corresponde al flujo neto del periodo j y T_d a la tasa de descuento utilizada para la evaluación. Desde una perspectiva puramente económica, se estima que cualquier interesado en el proyecto debe exigir una Payback inferior al horizonte de evaluación, en caso de ser superiores, el proyecto carece de cualquier beneficio económico esperado. Periodos de pago inferiores pero cercanos al horizonte de evaluación son considerados de mayor riesgo.

2.3. Factores Legales.

2.3.1. Normativa para las conversiones en Chile.

La Subsecretaría de transportes, realizó una consulta pública a finales del 2021, titulada "Reglamento para transformación de vehículos propulsados por motor de combustión interna a propulsión eléctrica" (en adelante "Reglamento conversiones"), Subsecretaría de Transportes, Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones, Gobierno de Chile, 2021. Consulta pública que detalla todos los requerimientos que se deben cumplir para realizar una homologación de un vehículo convertido.

Según lo indicado en este documento, los requerimientos de homologación para cualquier vehículo antes de ser convertido corresponden a :

1. Vehículos que originalmente no cuenten con elementos o dispositivos de seguridad, tales como:
 - Sistema Antibloqueo de Frenos (ABS).
 - Sistema Electrónico de Estabilidad (ESP).
 - Control de Tracción.
 - Airbag y/o Sistemas de Asistencia a la Conducción (frenado de emergencia, Detector de punto ciego, Asistente de Mantenimiento de Carril y/o Asistente de Velocidad Inteligente).
2. Vehículos que cuenten con un Kit de transformación específico para la marca y modelo específico.
3. Vehículos motorizados destinados al transporte de personas o carga con peso bruto vehicular que no supere los 3,860 [kg].
4. Vehículos que no hayan sido internados al país bajo régimen de zona franca.

Además, la subsecretaría exige que todas la conversiones sean realizadas con un kit que haya sido previamente certificado específicamente para el vehículo, por modelo-kit que. Certificación que puede ser realizada tanto por personas naturales como jurídicas frente al Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones, específicamente a través del Centro de Control y Certificación Vehicular "3CV".

Algunos de los requerimientos más importantes para la certificación corresponden a:

1. Informe técnico que describa la transformación realizada y describa técnicamente todos los componentes que han sido cambiados y/o mantenido su funcionalidad.
2. Planos del circuito del vehículo y sus sistemas de seguridad.
3. Autorización de la superintendencia de la Superintendencia de electricidad y combustibles para todos los sistemas eléctricos instalados.
4. Especificaciones completas del kit instalado.
5. Ninguna de las dimensiones (largo, ancho, alto o distancia entre ejes) puede verse modificada por la instalación del kit.
6. La carga máxima de cada eje no puede verse modificada por la conversión.
7. El peso total del vehículo o "masa en orden de marcha", posterior a la transformación, no puede verse modificada por sobre un 20 %.
8. La distribución de masa entre los ejes, posterior a la transformación, no puede verse modificada por sobre un 10 % la distribución original.
9. Finalmente, será verificado el correcto funcionamiento de: frenado, dirección, iluminación, desempañado, calefacción y cualquier otro sistema que estuviera operativo en el vehículo base, mediante pruebas o estudios de las memorias técnicas presentadas por el solicitante.

Adicional a los requerimientos del vehículo a convertir y el par modelo-kit ya certificado, el ministerio exige que todas las conversiones sean realizadas en talleres previamente certificados, información que se detalla en Subsecretaría de Transportes, Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones, Gobierno de Chile, [2021](#).

2.3.2. Legislación de conversiones en otros países.

Se pueden identificar 3 tipos de posiciones reguladoras frente a la conversión de vehículos de combustión interna (VCI) a eléctricos (VEB):

1. **Prohibición total de registro y tránsito:** Países en los cuales se ha prohibido a las respectivas entidades el registro de cualquier vehículo modificado para ser usado con una fuente eléctrica. Afectando así el uso indocumentado de este tipo de vehículos. Dentro de este grupo destaca Chile desde la emisión de la circular en el año 2019 (Julio Sánchez, [2019](#)). Es importante mencionar que el reglamento de conversiones revisado todavía no se encuentra operando, por lo que en la actualidad, ningún vehículo convertido puede circular por vías públicas.
2. **Registro no normado:** Países en los que no se han normado las conversiones y no existe prohibición en el registro ni tránsito de este tipo de vehículos, grupo al cual pertenece toda Latinoamérica a excepción de Chile y Uruguay. (Portaluppi, [2021](#)).
3. **Registro normado:** Países en los que se permite realizar, regularizar y registrar la conversión bajo un criterio determinado por sus respectivas autoridades. Grupo que lideran Estados Unidos, Francia y Japón con detalladas normativas y procedimientos de revisión técnica (Murias, [2020](#)). Dentro de la región destaca la reciente inclusión de Uruguay, país que permite las conversiones pero no ha elaborado una normativa estandarizada, quedando la aprobación sujeta a la evaluación de las autoridades del país (Portaluppi, [2021](#)), evaluación que es revisada caso a caso.

3 | Desarrollo.

El desarrollo, y núcleo, de este documento se divide en 3 secciones: Análisis y propuesta para normativa para las conversiones, Análisis normalizado y Análisis financiero para cliente final.

3.1. Análisis y propuesta: normativa para las conversiones.

3.1.1. Análisis del "Reglamento conversiones".

Referente a la normativa del "Reglamento Conversiones" revisado anteriormente, se considera efectiva para regularización y masificación de las conversiones de vehículos eléctricos. Sin embargo, se estima que aún se pueden mejorar algunos requisitos que se han establecido en el mismo. Entre ellos, se encuentra la exigencia de la no presencia de ciertos elementos de seguridad comunes en el parque vehicular nacional, a pesar de que muchos de estos elementos son exigidos por ley desde hace varios años. Este requerimiento se estima genera consecuencias negativas para las conversiones. Por una parte limita el universo de conversiones a una fracción muy acotada del parque vehicular. Y por otra, hace menos atractivo para el consumidor final el realizar una conversión, esto al obligarlo a utilizar un vehículo con una determinada antigüedad y menor equipamiento del que podría estar considerando para una conversión.

3.1.2. Revisión propuesta para "Reglamento conversiones".

Considerando las limitaciones y posibles efectos que podrían generar los puntos negativos de la normativa publicada. Se sugiere una revisión que, en base a la legislación existente en Francia y a ciertas tecnologías, pueda incluir un segmento mayor del parque vehicular nacional, mejorando con estas nuevas condiciones las medidas de seguridad y modernizando a la vez las conversiones realizadas.

Tomando como base la legislación actual de Francia (Legifrance, 2023), que en líneas generales se asemeja al Reglamento de conversiones nacional. Se sugiere la adición de los siguientes requerimientos para la homologación de los vehículos convertidos:

1. **Potencia del nuevo motor:** Se requiere que la potencia máxima que pueda proporcionar el sistema de propulsión instalado no sea superior al del sistema original. De esta forma, como fundamenta la legislación Francesa, existe un menor riesgo de superar las tolerancias de todos los sistemas asociados a la potencia del vehículo base, como por ejemplo: la capacidad de los frenos, suspensión y otros sistemas de seguridad.
2. **Mantenimiento de las principales medidas de seguridad existentes en el vehículo base:** Considerando que el Reglamento de conversiones publicado exige que cada par de vehículo-kit debe ser previamente certificado, se adiciona a los requerimientos de dicha certificación la inclusión de los mismos elementos de seguridad existentes en el vehículo original, entre los que destacan:
 - **Sistema de airbags:** Bajo la premisa de que uno de los requerimientos de los vehículos convertidos es que la batería principal debe permanecer completamente desconectada y aislada al momento de una colisión, se sugiere la inclusión de una batería secundaria para los sistemas abordo, de menor voltaje y potencia (como la utilizada por los vehículos convencionales actuales). De esta forma, en caso de una colisión, todos los

sistemas conectados a esta batería pueden seguir operando manteniendo el mismo riesgo de corto circuito que el vehículo base antes de la conversión.

- **ABS:** Sistema anti-bloqueo de frenos por sus siglas en inglés. Al igual que como ocurre con el sistema de airbags, este sistema puede ser completamente alimentado por una batería secundaria instalada para este fin.
- **Sistema electrónico de estabilidad (ESP):** Sistema que en los vehículos convencionales, actúa limitando la potencia del motor y/o frenando ruedas específicas cuando detecta una pérdida de tracción en las mismas. Se considera que el ESP puede ser implementado con un kit dedicado que tenga acceso tanto al sistema de frenado como al de entrega de potencia a los neumáticos. Si bien es el mecanismo de seguridad de mayor complejidad de la lista, se estima que puede ser implementado con un kit que lo soporte.

3.2. Análisis normalizado.

Con el fin de normalizar y comparar el grupo de vehículos de interés en este documento, se utilizará la metodología propuesta por Granovskii, Dincer y Rosen, 2007, en el Journal of Power Sources. Esta metodología fue seleccionada debido a que comparte objetivos con esta sección del análisis, los que corresponden a:

- Recopilar datos sobre las fases de producción y utilización de los cuatro tipos de vehículos, denominado análisis del ciclo de vida o LCA por sus siglas en inglés.
- Normalizar indicadores económicos como los precios de los vehículos y los combustibles durante la vida útil del vehículo, su autonomía de conducción entre recargas, indicadores medioambientales como las emisiones de gases de efecto invernadero y de contaminantes atmosféricos.
- Comparar los resultados económicos y medioambientales de los cuatro tipos de vehículos a partir de los resultados de las fases de normalización y evaluación.

Se utiliza esta metodología para determinar qué tipo de vehículo es más ventajoso tanto en términos de eficiencia económica como de impacto ambiental. Los investigadores llegaron a la conclusión de que, bajo las condiciones económico-tecnológicas en que fue realizada la comparativa, los coches híbridos y eléctricos son, en general, más ventajosos que los vehículos convencionales.

Como todas las conclusiones de la metodología citada dependen en gran medida de factores tecnológicos y económicos, esta sección del análisis tiene como objetivo actualizar y localizar a nivel nacional el análisis realizado por Granovskii et al. 2007.

3.2.1. Consideraciones y supuestos generales para el análisis.

3.2.1.1. Normativa utilizada:

Luego del análisis realizado a la normativa, se estimó que, dadas las características y criterios utilizados en el documento, así como su objetivo, es más beneficiosa para el mismo la utilización de la revisión propuesta:

1. **Situación de la normativa:** La normativa analizada en la sección de Reglamento conversiones todavía no ha sido puesta en vigencia y en el momento de la elaboración del documento sólo tiene el alcance de una consulta ciudadana.
2. **Se considera que no cumple con el objetivo de mantener o mejorar la seguridad vial:** Si bien no permite la disminución de las características de seguridad de ningún vehículo, genera un incentivo indirecto que puede alargar la vida útil de vehículos con bajas medidas de seguridad.
3. **Límite de las conversiones:** Los requerimientos de seguridad exigidos limitan excesivamente el universo de vehículos que se podrían convertir, disminuyendo de esa forma utilidad al análisis realizado.
4. **Indicadores no compatibles con el análisis.** Luego de realizar un estudio de mercado, no se encontraron vehículos que contaran con todos los requerimientos exigidos por la normativa y que a la vez presentasen un

kilometraje menor a 240,000[km]. Imposibilitando de esta forma el análisis de vida útil que toma como supuesto una vida útil máxima de 240,000[km].

En conclusión, por los puntos anteriormente revisados, se trabajó bajo el supuesto de que la revisión propuestas en este documento se encontraba vigente en Chile.

La sección de análisis de este documento se subdivide en dos etapas, la primera corresponde aun análisis comparativo que busca ponderar todos los indicadores de las áreas de interés para el documento.

3.2.2. Tipos de vehículos a comparar.

Si bien en secciones anteriores de este documento se revisaron un amplio número de vehículos, combustibles y contaminantes, en esta sección se compararán exclusivamente los vehículos de tipo:

- Convencional de combustión interna diésel (VCID).
- Eléctricos alimentados por baterías (VEB).
- Híbridos (VH).
- Vehículos de combustión interna(VCI) convertidos a eléctricos (VEB-C).

Los criterios para los cuales los vehículos serán comparados en esta sección del documento corresponden a:

Criterio económico adquisición.

Enfocado en el consumidor final del vehículo, registra el costo de adquisición del vehículo con todos los impuestos asociados al mismo. . Mientras menor sea el costo de ciclo de vida del vehículo mayor será su puntuación dentro del criterio económico.

Criterio económico energía.

Considera el costo que tiene que incurrir el consumidor final en la etapa de consumo energético del vehículo, se estandarizó medida al costo del combustible necesario para 100 kilómetros de recorrido.

Criterio Autonomía entre recargas.

Criterio enfocado también en la funcionalidad que le entrega al consumidor final, será medido por la autonomía , en kilómetros, que presente el vehículo entre recargas completas de combustible.

Criterio ambiental de contaminantes Gases de efecto invernadero (GEI).

Criterio que tiene como objetivo cuantificar la contribución de todo el ciclo de vida del vehículo al calentamiento global. Criterio que es medido por la sumatoria del potencial de calentamiento global (PCG) de cada gas de efecto invernadero liberado en el ciclo de vida del vehículo.(Agency, 2022).

Criterio ambiental de contaminantes Ambientales (AP).

Similar al criterio de los gases de efecto invernadero, este busca asignar un indicador a cada vehículo según impacto en el medio ambiente.

3.2.3. Metodología para la normalización de indicadores.

Dado que todos los indicadores se encuentran en escalas distintas, no es posible comparar el desempeño agregado de todas las mediciones mediante una suma o promedio directo. Para solucionar lo anterior, se lleva a cabo un procedimiento de normalización. Su objetivo es asignar un valor de 1 al automóvil con mejor desempeño en términos de cada factor y cuantificar, para el resto de vehículos, la diferencia que presentan respecto al vehículo perfecto en cada categoría.

Para el caso de los indicadores que se considera positivo contar una cifra mayor (Indicador de autonomía), se utiliza la ecuación 3.1.

$$(\text{IndN})_i^t = \frac{\text{Ind}_i^t}{\text{Ind}_{i \text{ máx}}}$$
 (3.1)

Donde Ind_i^t hace referencia al indicador i del tipo de vehículo t , $\text{Ind}_{i \text{ máx}}$ al indicador del tipo i más alto de la comparativa e $(\text{IndN})_i^t$ al indicador i del tipo de vehículo t ya normalizado.

En cambio, para los indicadores que se considera positivo contar con una cifra comparativamente menor (Indicadores ambientales y de costos), se utiliza la ecuación 3.2. Los indicadores de este tipo son previamente prorrateados según su impacto, económico o ambiental, que genera un uso de 100[km].

$$(\text{IndN})_i^t = \frac{1/\text{Ind}_i^t}{(1/\text{Ind})_{i \text{ máx}}}$$
 (3.2)

En que Ind_i^t hace referencia al indicador i del tipo de vehículo t , $(1/\text{Ind})_{i \text{ máx}}$ al inverso multiplicativo de indicador del tipo i más bajo de la comparativa. Finalmente $(\text{IndN})_i^t$ corresponde indicador i del tipo de vehículo t ya normalizado.

3.2.4. Selección de vehículos para comparativa normalizada.

Con el fin de actualizar y localizar la comparativa, se seleccionaron vehículos disponibles en territorio nacional que contasen con información disponible para todos los criterios anteriormente descritos, ver tabla 3.1.

Tabla 3.1: Vehículos seleccionados para análisis normalizado.

Tipo de vehículo	Marca	Modelo	Versión	Valor lista [\$ CLP]
Convencional Diésel	Opel	Mokka	ELEGANCE 1.5TD MT6	22,990,000
Híbrido Gasolina	Toyota	C-HR	Lux 1.8 4x2 CVT	31,990,000
Eléctrico (VEB)	Nissan	Leaf	MC	40,300,000

Fuente: Portal oficial: Opel(Fritsch, 2023), Toyota (T. Chile, 2023), Nissan (N. Chile, 2023).

3.2.5. Conversión vehículo convencional a eléctrico.

Conforme a lo revisado en la sección revisión propuesta de normativa conversiones nacional, se seleccionó una conversión específica para incluir en la comparativa normalizada, priorizando siempre balancear el valor del vehículo usado, vida útil restante, minimización de las alteraciones de las características físicas del vehículo y factibilidad de la conversión.

3.2.5.1. Selección del vehículo a convertir.

Se realizó un estudio de mercado de vehículos usados que coincidían con los requerimientos de la revisión propuesta en este documento.

Dentro del universo de vehículos compatibles, se encontraron 2 modelos que presentaban un correcto balance entre los criterios mencionados, modelos que se presenetan en la tabla 3.2.

Tabla 3.2: Vehículos candidatos conversión eléctrica (VEB-C).

Marca	Modelo	Versión	Año	Kilometraje [km]	Kilometraje restante [km]	Valor usado [\$ CLP]
Volkswagen	Polo	1.6 Manual Trendline	2017	78,000	162,000	7,980,000
Renault	Clio	1.2 Manual Expression	2017	66,912	173,088	7,500,000

Fuente: Chileautos.cl Usados, Anexos: B.1, B.2. Chileautos, 2023a,b.

Finalmente, se seleccionó el vehículo Volkswagen Polo (ver figura 3.1) y se utilizó un valor de mercado usado promedio de CLP \$8,000,000 con kilometraje estimado restante de 160,000 [km].



Figura 3.1: Vehículo seleccionado para la conversión.

(Fuente: Chileautos, 2023a)

3.2.5.2. Componentes seleccionados para la conversión.

Cumpliendo los requerimientos expuestos en la sección de normativa propuesta, se realizó una investigación de mercado que abarcó todos los componentes requeridos para la transformación detallados en la sección de estado del arte. Se llegó a un listado de componentes específicos para realizar la conversión especificados en la tabla 3.3.

Tabla 3.3: Componentes seleccionados para conversión (VEB-C).

Componente	Cantidad	Valor unitario [\$ USD]	Total [\$ USD]
Kit Motor* 120[hp] - 89 [kW]	1	5,977	5,977
Adaptador de motor - transmisión	1	1,300	1,300
Baterías 2S2P 3.5 [kWh]	4	699	2,796
Cargador 120V 1.5[kW]	1	855	855
Total [\$ USD]			10,928

Fuente: EV West, 2023a,b,c,d.

*El componente "Kit Motor 120[hp] - 89 [kW]" incluye los componentes:

Motor, controlador, transformador 12v, pedal, placa refrigeración motor, puerto de carga, cables y conectores, revisar anexo B.3.

Considerando que el valor de los componentes listados (10,928 [\$USD]) corresponde a su valor, despacho incluido, dentro de estados unidos. Se debe adicionar a este costo los valores estimados de impuestos e internación a Chile, valores que se calcularon con la asistencia del cotizador online de la empresa Chilebox.cl, 2023. Detalles de los valores en tabla 3.4 y figura B.5 del anexo.

Tabla 3.4: Costos de importación e internación partes para transformación VEB-C.

Concepto	Valor [CLP]
Total partes en USA	8,742,400
Impuesto totales	2,491,120
Flete (IVA Inc)	386,823
Total	11,620,343

Fuente: Aduana, Chilebox.cl, 2023r y EV West, 2023d.

Ya con el vehículo y componentes en Chile, se debe realizar la conversión. La que se estima debería tener un costo de entre 500,000 y 750,000 [\$CLP]. Estimación realizada utilizando los tiempos de conversión detallados por Transition-One, 2023. Se agrega como supuesto, dado que todavía no existen valores oficiales, que los trámites requeridos para la homologación y revisión de la transformación no tienen adicional al incurrido en la revisión técnica.

Finalmente, en la tabla 3.5 se resumen todos los costos requeridos para la conversión del vehículo.

Tabla 3.5: Resumen costos de conversión VEB-C.

Concepto	Valor \$ CLP
Vehículo	8,000,000
Partes e internación a Chile	11,620,343
Taller mecánico	750,000
Total	20,370,343

Fuente: Elaboración propia.

3.2.5.3. Conversión realizada en empresa establecida.

Con el fin de poder agregar otro punto a la comparativa, se agregó una segunda opción de conversión, la que considera el mismo vehículo base, pero agrega el supuesto de que existe una empresa de conversiones operativa que permita realizar todo el proceso a un costo menor.

Se toma como base la operación que llevaba la empresa Movener antes del cambio en la normativa, quienes mantenían en su catálogo, al año 2018, conversiones completas (como la expuesta en la figura 3.2) desde los \$ CLP 5,000,000 (Electromov Chile, 2018). Para actualizar dicho valor se ajustó a la variación del IPC entre los periodos, ascendiendo de esta forma a \$ CLP 6,619,000.



Figura 3.2: Vehículo convertido por movener.

(Fuente: Ministerio de Energía, 2020)

Finalmente, considerando una conversión bajo las condiciones mencionadas, el valor total de adquisición de un VEB-C asciende a \$ CLP 14,619,000.

3.2.5.4. Estimación de la vida útil de la conversión.

Se utilizaron 2 factores para el cálculo:

1. **Vida útil restante del vehículo:** Estandarizada a 160,000 [km] restantes, (según criterio Ncap utilizado).
2. **Vida útil del kit instalado:** Considerando que en los vehículos eléctricos el principal factor que limita su vida útil corresponde a la batería (Enel X, 2023). Se utilizó la vida útil esperada de la batería seleccionada para el kit de conversión. Al tratarse esta de baterías de ion litio, se estima según lo informado por Flux Power, 2023, que éstas deberían contar con una vida útil de al menos 2,000 ciclos. Lo que multiplicado por la autonomía calculada del vehículo de 90 [km] entregan un vida útil restante de 180,000 [km].

En conclusión, se estima que todos los componentes del vehículo convertido deberían contar con una vida útil restante de al menos 160,000[km]. Limitados principalmente por los componentes originales del vehículo base.

3.2.6. Análisis normalizado económico (Indicador costo adquisición del vehículo).

El primer criterio a analizar corresponde al económico. Para lo cual se comenzó seleccionando las marcas y modelos de vehículos específicos que serán incluidos (ver tabla 3.1). Si bien la comparativa realizada por Granovskii, Dincer y Rosen, 2007 consideraba 2 reemplazos de la batería principal dentro del ciclo de vida del VEB, los avances en tecnología actuales han permitido fabricar baterías con vidas útiles mayores a los 240,000 [km]. Motivo por el cual no se considerará reemplazo de ningún tipo de batería en los análisis de este documento. Criterio también usado por las actuales mediciones de Green NCAP, 2023a.

Análisis económico vehículo Convencional Diésel

Como se revisó en el segmento de impuestos asociados a la adquisición, al valor lista del vehículo, obtenido desde Fritsch, 2023, se le debe agregar los impuestos asociados a la adquisición. Los que consideran: El costo de inscripción, el seguro obligatorio contra accidentes (SOAP), el permiso de circulación y el impuesto verde. Costos que se detallan, con sus respectivas fuentes, en la tabla 3.6.

Tabla 3.6: Costos vehículo Convencional Diésel.

Concepto	Valor [\$ CLP]	Valor [UF]	Fuente
Valor lista	22,990,000	640.4	Fritsch, 2023
Costo inscripción	39,370	1.1	ChileAtiende, 2023
Costo patente	23,490	0.7	ChileAtiende, 2023
Seguro obligatorio (SOAP)	5,490	0.2	Coopeuch, 2023
Permiso de circulación	456,629	12.7	Permiso Circulación, 2023
Impuesto verde	583,435	16.3	Impuestos Internos, 2023
Total	24,098,414	671	

Fuente: Elaboración propia, Impuestos Internos, 2023, Permiso Circulación, 2023, Coopeuch, 2023, ChileAtiende, 2023, Fritsch, 2023.

Con la misma metodología que se registraron los componentes del costo de adquisición del vehículo convencional diésel, se registraron los costos de los vehículos Híbrido Gasolina, Eléctrico de fábrica y convertido a eléctrico (importación y empresa). Costos que se detallan en las tablas 3.7, 3.8, 3.9 y 3.10 respectivamente.

Análisis económico vehículo Híbrido Gasolina

Tabla 3.7: Costos vehículo Híbrido Gasolina.

Concepto	Valor [\$ CLP]	Valor [UF]	Fuente
Valor lista	31,990,000	891.1	T. Chile, 2023
Costo inscripción	39,370	1.1	ChileAtiende, 2023
Costo patente	23,490	0.7	ChileAtiende, 2023
Seguro obligatorio (SOAP)	5,490	0.2	Coopeuch, 2023
Permiso de circulación	720,170	20.1	Permiso Circulación, 2023
Impuesto verde	189,222	5.3	Impuestos Internos, 2023
Total	32,967,742	918.3	

Fuente: Elaboración propia, Impuestos Internos, 2023, Permiso Circulación, 2023, Coopeuch, 2023, ChileAtiende, 2023, T. Chile, 2023.

Análisis económico vehículo Eléctrico (VEB)

Tabla 3.8: Costos vehículo Eléctrico (VEB).

Concepto	Valor [\$ CLP]	Valor [UF]	Fuente
Valor lista	40,300,000	1,122.6	N. Chile, 2023
Costo inscripción	-	-	ChileAtiende, 2023
Costo patente	-	-	ChileAtiende, 2023
Seguro obligatorio (SOAP)	5,490	0.2	Coopeuch, 2023
Permiso de circulación	1,310,987	36.5	Permiso Circulación, 2023
Impuesto verde	-	-	Impuestos Internos, 2023
Total	41,616,477	1,159.2	

Fuente: Elaboración propia, Impuestos Internos, 2023, Permiso Circulación, 2023, Coopeuch, 2023, ChileAtiende, 2023, N. Chile, 2023.

Análisis económico vehículo Convertido a eléctrico (VEB-C), importando partes.**Tabla 3.9:** Costos vehículo Convertido a eléctrico (VEB-C), importando partes.

Concepto	Valor [\$ CLP]	Valor [UF]	Fuente
Valor lista	21,214,512	590.9	Chileautos
Costo inscripción	-	-	ChileAtiende, 2023
Costo patente	-	-	ChileAtiende, 2023
Seguro obligatorio (SOAP)	5,490	0.2	Coopeuch, 2023
Permiso de circulación	180,000	5.0	Permiso Circulación, 2023
Impuesto verde	-	-	Impuestos Internos, 2023
Total	21,400,002	596.1	

Fuente: Elaboración propia, Impuestos Internos, 2023, Permiso Circulación, 2023, Coopeuch, 2023, ChileAtiende, 2023, chileautos.

Análisis económico vehículo Convertido a eléctrico (VEB-C), empresa establecida.**Tabla 3.10:** Costos vehículo Convertido a eléctrico (VEB-C), empresa establecida.

Concepto	Valor [\$ CLP]	Valor [UF]	Fuente
Valor lista	14,619,0	407.2	Chileautos
Costo inscripción	-	-	ChileAtiende, 2023
Costo patente	-	-	ChileAtiende, 2023
Seguro obligatorio (SOAP)	5,490	0.2	Coopeuch, 2023
Permiso de circulación	180,000	5.0	Permiso Circulación, 2023
Impuesto verde	-	-	Impuestos Internos, 2023
Total	14,804,490	412.4	

Fuente: Elaboración propia, Impuestos Internos, 2023, Permiso Circulación, 2023, Coopeuch, 2023, ChileAtiende, 2023, Chileautos.

Indicador costo adquisición normalizado.

Finalmente, para generar una comparativa lógica para el usuario, e impactar la vida útil restante reducida del vehículo convertido, se utilizó el costo prorrateado a 100km de cada vehículo (sólo considera valor de adquisición). Para lo anterior se dividió por 2,400 en el caso de los vehículos nuevos y por 1,600 en el caso del vehículo usado. Obteniendo de esta forma los resultados de la tabla 3.11

Tabla 3.11: Indicador costo adquisición, normalizado.

Vehículo.	Costo adquisición	Costo adquisición [\$ CLP/100km]	Costo adquisi- ción [UF]	Indicador costo adquisición cada 100[km] normaliza- do
Convencional Diésel	24,098,414	10,041	671	0.922
Híbrido Gasolina	32,967,742	13,737	918	0.674
Eléctrico	41,616,477	17,340	1,159	0.534
VEB-C, Importación	20,555,833	12,847	573	0.720
VEB-C, Empresa	14,804,490	9,253	412	1.000

Fuente: Elaboración propia, Impuestos Internos, 2023, Permiso Circulación, 2023, Coopeuch, 2023, ChileAtiende, 2023, chileautos, Fritsch, 2023, N. Chile, 2023, T. Chile, 2023.

3.2.7. Análisis normalizado Autonomía.

En la tabla 3.12 se presenta la autonomía informada por el fabricante de cada vehículo, para el caso de las conversiones se utilizó la autonomía informada por mover en Electromov, 2020 para una conversión con las mismas características que la analizada.

Tabla 3.12: Autonomía vehículos seleccionados.

Tipo de vehículo	Autonomía[km]
Convencional Diesel	1,131
Híbrido Gasolina	1,032
Eléctrico (VEB)	270
Convertido a Eléctrico (VEB-C)	90

Fuente: Portal oficial: Opel(Fritsch, 2023), Toyota (T. Chile, 2023), Nissan (N. Chile, 2023).

Posterior a esto, se utilizó la ecuación para normalización 3.1 y se calcularon los índices normalizados expuestos en la tabla 3.13.

Tabla 3.13: Autonomía normalizada vehículos seleccionados.

Tipo de vehículo	Autonomía[km]	Autonomía normalizada
Convencional Diesel	1,131	1.000
Híbrido Gasolina	1,032	0.912
Eléctrico (VEB)	270	0.239
Convertido a Eléctrico (VEB-C)	90	0.080

Fuente: Portal oficial: Opel(Fritsch, 2023), Toyota (T. Chile, 2023), Nissan (N. Chile, 2023) y elaboración propia.

3.2.8. Análisis normalizado económico (Costo combustible).

Con el fin de cuantificar el costo energético, se estandarizó el consumo y costo para 100 km de recorrido, posterior a esto se normalizó cada indicador con la ecuación 3.2, detalle en tabla 3.14.

Tabla 3.14: Indicador normalizado costo combustible.

Tipo Vehículo	Combustible principal	Rendimiento [km/L] ó [km/kWh]	Costo unidad (Litro ó kWh) [\$ CLP]	Costo 100 Km [\$ CLP/100km]	Indicador normalizado costo combustible
Convencional Diésel	Diésel	20.8	1,052	5,050	0.265
Híbrido Gasolina	Gasolina 95	18.5	1,230	6,642	0.202
Eléctrico	Electricidad	4.41	95.65	2,171	0.617
VEB-C, Importación	Electricidad	7.14	95.65	1,339	1.000
VEB-C, Empresa	Electricidad	7.14	95.65	1,339	1.000

Fuente: Elaboración propia.

3.2.9. Análisis normalizado contaminantes Gases de efecto invernadero (GEI).

El primer indicador ambiental corresponde a los gases de efecto invernadero (GEI). Para la cuantificación de esta variable se utilizó la información provista por la Green NCAP.

La Green NCAP es una organización independiente que evalúa la eficiencia energética y la sustentabilidad ambiental de los automóviles nuevos que se venden en Europa. Green NCAP es similar a la prueba de choque Euro

NCAP, pero en lugar de evaluar la seguridad de los vehículos, se centra en su impacto ambiental (Green NCAP, 2023d).

Para todas las secciones de indicadores ambientales, se utilizó la contaminación prorrateada de 100 km de uso de cada vehículo.

Contaminantes GEI en el ciclo de los vehículos analizados.

Vehículo Convencional Diésel (Opel Mokka).

Tabla 3.15: LCA-Convencional Diésel (Opel Mokka).

Etapas/concepto	CO2-eq[kg]	Participación
Producción y reciclaje	7,200	16 %
Mantenimiento	1,800	4 %
LCA sin combustible	9,000	20 %
Energía (Diésel)	36,000	80 %
TOTAL	45,000	100 %

Fuente: Opel Mokka, Green NCAP, 2023e.

Vehículo Híbrido-Gasolina (Toyota C-HR).

Tabla 3.16: LCA GEI Híbrido-Gasolina (Toyota C-HR).

Etapas/concepto	CO2-eq[kg]	Participación
Producción y reciclaje	8,649	18 %
Mantenimiento	1,922	4 %
LCA sin combustible	1,922	22 %
Energía (Gasolina)	37,477	78 %
TOTAL	48,048	100 %

Fuente: Toyota C-HR, Green NCAP, 2023e.

Vehículo Eléctrico Batería VEB (Nissan Leaf).

Utilizando el Factor de emisión ya revisado en la figura 2.2, se calculó la emisión de monóxido de carbono equivalente por concepto de combustible (Energía eléctrica) del Nissan Leaf, ver tabla 3.17.

Tabla 3.17: CO2-eq(kg) por combustible (Electricidad) VEB.

Concepto	
Vida útil [km]	240,000
Rendimiento [kWh/km] (Green NCAP)	0.2270
[kWh] consumidos para 240,000 [km]	54,480
CO2-eq[kg/kWh] promedio Chile 2022	0.3006
CO2-eq[kg] por combustible(Electricidad) en vida útil	16,377

Fuente: Energía Abierta, 2023; Green NCAP, 2023b.

Ya con el cálculo establecido de las emisiones GEI liberadas durante el uso del vehículo(batería recargada en redes nacionales), se adicionó la información de emisiones proporcionada por la green Ncap para el resto de la vida útil del vehículo(Green NCAP, 2023b). Información que se resume en la tabla 3.18.

Tabla 3.18: Eléctrico Batería VEB (Nissan Leaf).

Etapas/concepto	CO2-eq[kg]	Participación
Producción y reciclaje	7,167	21 %
Producción batería	7,508	22 %
Mantenimiento	2,048	6 %
LCA sin uso	19,453	49 %
Energía (Electricidad)	17,405	51 %
TOTAL	34,128	100 %

Fuente: Nissan Leaf, Energía Abierta, 2023; Green NCAP, 2023b.

Vehículo Eléctrico Convertido VEB-C (VW Polo).

Al igual que como ocurre con el vehículo eléctrico (VEB), se debe localizar las emisiones del consumo energético del vehículo durante su utilización, cálculos que se detallan en la tabla 3.19.

Tabla 3.19: CO2-eq(kg) por combustible (Electricidad) VEB-C.

Concepto	
Vida útil [km]	160,000
Rendimiento [kWh/km] (EV West)	0.1167
[kWh] consumidos para 240,000 [km]	18,667
CO2-eq[kg/kWh] promedio Chile 2022	0.3006
CO2-eq[kg] por combustible (Electricidad)	5,611

Fuente: Energía Abierta, 2023; EV West, 2023c.

Respecto a los GEI liberados en la fabricación, reciclaje y mantenimiento del vehículo seleccionado para la conversión, no se encontraron mediciones específicas en la plataforma de Green Ncap ni similares. En consecuencia, se utilizó la metodología proporcionada por la plataforma (Green NCAP, 2023c). En la tabla 3.20 se muestran las emisiones promedio equivalentes, por kilogramo, para vehículos convencionales sin modificaciones.

Tabla 3.20: Emisiones de fabricación y reciclaje promedio vehículo convencional.

Material	Composición en Vehículo convencional	Co2-eq por material [g/kg]	Co2-eq por kg de vehículo [g/kg]
Acero	50.40 %	2,470	1,245
Hierro fundido	8.00 %	900	72
Aluminio	10.60 %	12,050	1,277
Vidrio	2.40 %	1,130	27
Pintura	0.40 %	5,680	23
Plástico	12.10 %	3,610	437
Caucho	3.90 %	3,300	129
Aceite	0.80 %	1,420	11
Cobre	2.30 %	3,610	83
Metales no ferrosos	0.30 %	7,670	23
Electrónico	4.90 %	36,630	1,795
Textiles	3.90 %	24,250	946
Fibra de carbono	0.00 %	18,940	0
TOTAL			6,068

Fuente: Green NCAP, 2023c.

Referente a las emisiones originadas por mantención del vehículo, de acuerdo a la metodología, se utiliza un criterio general sólo dependiente del tipo de vehículo y su vida útil en kilómetros. Presentando para un vehículo convencional con una vida útil estándar de 240,000 [km], emisiones totalizadas de 1,800 CO₂-eq[kg].

Considerando que se están cuantificando las emisiones de un vehículo convertido, se deben agregar también las emisiones generadas por las partes que se incluirán en conversión. Se toma el supuesto de que independientemente de la vida útil de las nuevas partes, se prorrataron sus emisiones a la vida útil restante del vehículo a convertir. Nuevamente, con el fin de mantener un análisis estandarizado, se utilizó la metodología de la Green Ncap.

Para cuantificar el impacto neto (fabricación y reciclaje) de una batería con características como las del kit se utilizó la constante de 98 CO₂-eq[kg/kWh], revisar anexo B.4. Considerando que la conversión analizada cuenta con una capacidad de 14 [kWh], sus emisiones netas se estiman en 1,371 CO₂-eq[kg].

Respecto al motor y resto de partes seleccionadas, estas cuenta con un peso total de 55[kg]. Al no encontrarse información específica, ni general, de su composición de peso se consideró el supuesto de que su peso se compone en un 80 % acero y 20 % cobre para el cableado y bobinado del motor. Totalizando de esta forma 175 kilogramos de dióxido de carbono equivalente^{3.20}.

Finalmente con todas las etapas y combustibles utilizados en la vida útil del vehículo, se generó la tabla 3.21:

Tabla 3.21: Eléctrico convertido VEB-C.

Etapas/concepto	CO₂-eq[kg]	CO₂-eq[kg] (Vida útil estimada conversión)	Participación
Producción y reciclaje vehículo base	6,868	4,579	35 %
Producción y reciclaje batería	-	1,371	11 %
Producción y reciclaje motor y partes de conversión	-	175	1 %
Mantención	1,800	1,200	9 %
LCA sin combustible	8,668	7,325	57 %
Energía (Electricidad)	-	5,611	43 %
TOTAL		12,936	100 %

Fuente: Elaboración propia.

Resumen emisiones GEI.

Una vez que se generó la estimación de las emisiones GEI de todos los vehículos analizados, se se resumió la información obtenida en la tabla 3.22. Con el fin de poder realizar una comparativa normalizada, se agregó el indicador estandarizado de emisiones GEI cada 100[km] de vida útil restante para cada vehículo, normalizado con la ecuación 3.2. Lo anterior para nivelar al vehículo que contaba con una menor vida útil restante.

Tabla 3.22: Resumen emisiones GEI.

Tipo vehículo	LCA vida útil restante CO₂-eq[kg]	Vida útil restante [km]	LCA CO₂-eq [kg/100km]	Indicador normalizado Gases efecto invernadero (GEI)
Convencional Diésel	45,000	240,000	18.750	0.431
Híbrido	48,048	240,000	20.020	0.404
Eléctrico fábrica (VEB)	33,099	240,000	13.791	0.586
Eléctrico convertido (VEB-C) Particular	12,936	160,000	8.085	1.000
Eléctrico convertido (VEB-C) Empresa	12,936	160,000	8.085	1.000

Fuente: Elaboración propia y documentos revisados.

3.2.10. Análisis normalizado contaminantes atmosféricos (AP).

El último criterio revisado en la metodología de Granovskii, Dincer y Rosen, 2007 corresponde a los contaminantes atmosféricos (AP). Debido a que no se encontró la información necesaria para el cálculo completo de los gases AP en la fuente citada ni en la metodología utilizada por la Green NCAP, se utilizaron las mediciones de NO_x proporcionadas por el Servicio de Impuestos Internos (SII), 2023. Se asumió que la emisión de NO_x reportada por la plataforma es una muestra representativa y proporcional al total de los gases pertenecientes al grupo de contaminantes AP (consultar tabla 3.23) liberados por cada vehículo.

Con el fin de incluir todos los vehículos analizados en la comparativa, se utilizó el supuesto adicional de que los vehículos eléctricos a batería (VEB) emiten como máximo la mitad de los gases emitidos por un vehículo híbrido. Esto permitió normalizar los indicadores utilizando la ecuación 3.2. Los indicadores posteriormente fueron registrados y normalizados en la tabla 3.23.

Tabla 3.23: Indicadores contaminantes AP normalizados.

Tipo de vehículo	NO_x [gr/km]	Indicador normalizado.
Convencional Diésel	0.04306	0.033
Híbrido Gasolina	0.00285	0.500
Eléctrico fábrica (VEB)	0.00143	1.000
Eléctrico convertido (VEB-C) Particular	0.00143	1.000
Eléctrico convertido (VEB-C) Empresa	0.00143	1.000

Fuente: Servicio de Impuestos Internos (SII), 2023.

3.2.11. Resumen análisis normalizado.

Finalmente, con todos los indicadores de interés ya calculados y normalizados, se resumió la información obtenida en la tabla 3.24. Se agregó también el Indicador general, calculado como agregación geométrica de todos los indicadores, posteriormente se normalizó con la ecuación 3.1.

Tabla 3.24: Indicador general normalizado.

Tipo vehículo	Costo adquisi- ción	Costo combus- tible	Autonomía	GEI	AP	Indicador ge- neral	Indicador ge- neral norma- lizado
Convencional Diésel	0.922	0.265	1.000	0.431	0.033	0.003	0.044
Híbrido Gasolina	0.674	0.202	0.912	0.404	0.500	0.025	0.314
Eléctrico fábrica (VEB)	0.534	0.617	0.239	0.586	1.000	0.046	0.579
Eléctrico convertido (VEB-C) Particular	0.692	1.000	0.080	1.000	1.000	0.057	0.720
Eléctrico convertido (VEB-C) Empresa	1.000	1.000	0.080	1.000	1.000	0.080	1.000

Fuente: Elaboración propia y documentos revisados.

3.3. Análisis financiero para el usuario/cliente final.

3.3.1. Supuestos y datos utilizados para el análisis.

Esta sección del desarrollo tiene como objetivo principal cuantificar los costos y beneficios económicos que presentan para el usuario final el realizar una conversión en el escenario nacional.

Debido a que el transporte es considerado una necesidad humana y no una inversión que conlleve necesariamente retornos económicos, el objetivo de esta comparativa consiste en evaluar económicamente la alternativa de una conversión en comparación a mantener el vehículo sin convertir.

Supuestos utilizados para el análisis financiero:

1. EL usuario ya cuenta con un vehículo compatible para ser convertido.
2. El vehículo puede seguir operando de forma convencional de acuerdo a su vida útil restante. Estimada, al igual que en el secciones anteriores en 160,000[km].
3. La valorización del vehículo convencional, al momento de su venta, se calculó con la estadística informada por Autofact, [2023b](#). La que estima, según sus estadísticas, una depreciación promedio de un 20 % para el primer año de uso un y 5 % los años posteriores, bajo supuestos como un cuidado correcto y una utilización promedio anual entre 15,000 y 29,000 kilómetros.
4. El usuario utiliza el vehículo un total de 21,000 kilómetros de forma anual, estadística capturada desde Autofact, [2023a](#). La que representa el uso promedio de los vehículos privados en Chile, estadística respaldada también por *The Economist Pocket World in Figures 2015*.
5. Los costos de de mantención fueron capturados desde Autofact Mantenciones, [2023](#). Bajo el supuesto de que la variación de los mismos luego de la conversión es despreciable.
6. El rendimiento original del vehículo, previo a la conversión, fue registrado desde Ruta Motor, [2017](#). Además, se agrega el supuesto de que esta se mantiene constante durante todo el horizonte de evaluación.

3.3.2. Costos.

Los costos, detallados en parte en la sección de análisis normalizado ya revisada, se dividen en dos categorías principales: los costos de adquisición, que incluyen los gastos relacionados con la compra, impuestos e inscripción del vehículo, y los costos asociados a la vida útil, como combustible, seguros, mantenimiento e impuestos recurrentes.

En la tabla 3.25 se detalla el valor proyectado de los combustibles durante el horizonte de evaluación del proyecto. Así como el costo, en UF, que debe incurrir el consumidor por concepto de recargas para recorrer los 21,000 km anuales.

Tabla 3.25: Proyección valor futuro combustibles.

Concepto / Año	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Costo electricidad [UF/kWh]	0.003	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002
Costo litro gasolina 95 O [UF/L]	0.034	0.034	0.032	0.033	0.033	0.033	0.033	0.033
Electricidad por año [kWh]	2,940	2,940	2,940	2,940	2,940	2,940	2,940	2,940
Litros Gasolina por año [L]	1,511	1,511	1,511	1,511	1,511	1,511	1,511	1,511
Costo recarga VEB-C anual [UF]	7.559	7.305	6.988	6.861	6.734	6.670	6.607	6.607
Costo recarga Gasolina anual [UF]	51.43	51.98	48.63	49.19	49.19	49.75	49.75	50.31

Fuente: Ph.D. Ing.Hugo Osorio, [2008](#) y elaboración propia.

3.3.3. Flujo de costos para el consumidor final.

Como se mencionó anteriormente, el proyecto analizado corresponde a uno de tipo "Disminución de costos". Motivo por el cual el único ingreso es calculado en función de la disminución del costo de recarga para el usuario. Todos los valores presentados en la tabla 3.26 corresponden al caso base.

Tabla 3.26: Flujo de caja consumidor final conversión con empresa establecida.

Concepto / Año	0	1	2	3	4	5	6	7
Conversión con empresa establecida	-184.4	-	-	-	-	-	-	-
Electricidad (21,000 km)		-7.3	-7.0	-6.9	-6.7	-6.7	-6.6	-6.6
Ahorro por Gasolina (21,000 km)		52.0	48.6	49.2	49.2	49.7	49.7	50.3
Flujo neto	-184.4	44.7	41.6	42.3	42.5	43.1	43.1	43.7
Flujo Acumulado (Nominal)	-184.4	-139.7	-98.1	-55.7	-13.3	29.8	73.0	116.7

Fuente: Elaboración propia.

3.3.4. Determinación tasa de descuento para el proyecto.

3.3.4.1. Costo de capital.

Considerando que no se trata de un proyecto de empresa y que al momento de la evaluación no se encontraba disponible en el mercado ningún crédito automotriz asociado a una conversión como la analizada. Se revisaron las tasas de créditos de consumo informadas por la plataforma comparadora del SERNAC, 2023, revisar detalle en la figura 3.3. Finalmente, se seleccionó para el proyecto (con financiamiento) la tasa ofertada por el Banco BCI, la que corresponde a un 19.08 % anual.

Nombre entidad financiera	Monto simulado	Tasa interés mensual	Total Intereses	Total Seguro	Gastos Asociados	Valor Cuota mensual	CTC	CAE
Caja Los Heroes con seguro	\$7,000,000	2.69%	\$7,569,540	\$795,900	\$57,560	\$257,050	\$15,423,000	36.91%
Banco Ripley sin seguro	\$7,000,000	2.93%	\$8,165,476	\$0	\$56,464	\$253,699	\$15,221,940	36.17%
Banco Security con seguro	\$7,000,000	2.66%	\$7,571,582	\$416,357	\$61,321	\$250,821	\$15,049,260	35.53%
Banco de Chile con seguro	\$7,000,000	2.61%	\$7,420,101	\$292,123	\$60,376	\$246,210	\$14,772,600	34.50%
Banco Falabella sin seguro	\$7,000,000	2.66%	\$7,311,579	\$0	\$59,441	\$239,517	\$14,371,020	32.99%
Banco Security sin seguro	\$7,000,000	2.66%	\$7,146,556	\$0	\$57,964	\$236,742	\$14,204,520	32.36%
Banco Santander con seguro	\$7,000,000	2.17%	\$6,038,582	\$366,764	\$62,434	\$224,463	\$13,467,780	29.53%
Caja Los Andes con seguro	\$7,000,000	2.15%	\$6,048,334	\$418,440	\$59,806	\$225,443	\$13,526,580	28.53%
Banco Consorcio con seguro	\$7,000,000	1.89%	\$4,758,476	\$440,552	\$58,432	\$204,291	\$12,257,460	27.17%
Banco Santander sin seguro	\$7,000,000	2.17%	\$5,738,044	\$0	\$59,476	\$213,292	\$12,797,520	26.89%
Banco Consorcio sin seguro	\$7,000,000	1.89%	\$4,826,920	\$0	\$56,680	\$198,060	\$11,883,600	25.28%
Banco Estado con seguro	\$7,000,000	1.82%	\$4,793,533	\$165,376	\$58,491	\$200,290	\$12,017,400	22.66%
Banco Scotiabank con seguro	\$7,000,000	1.65%	\$4,370,202	\$310,266	\$61,232	\$195,695	\$11,741,700	22.59%
Banco BCI con seguro	\$7,000,000	1.55%	\$4,081,530	\$303,410	\$0	\$189,749	\$11,384,940	21.10%
Banco Scotiabank sin seguro	\$7,000,000	1.65%	\$4,184,790	\$0	\$58,730	\$187,392	\$11,243,520	20.50%
Banco BCI sin seguro	\$7,000,000	1.55%	\$3,912,500	\$0	\$0	\$181,875	\$10,912,500	19.08%

Figura 3.3: Tasas créditos de consumo Chile Junio 2023.

(Fuente: Comparador créditos de consumo SERNAC, 2023)

3.3.4.2. Prima por riesgo.

Para el cálculo de la prima por riesgo se utilizó la tabla 3.27 obtenida desde el apunte del Profesor Ph.D. Ing.Hugo Osorio, 2008.

Tabla 3.27: Prima por riesgo según tipo de proyecto.

Nivel de riesgo	Prima por riesgo	Ejemplos
Alto	Sobre 20 %	Desarrollo de nuevos productos. Proyectos que usan conceptos muy novedosos. Contratos internacionales.
Mediano	10 %-20 %	Proyectos algo fuera del giro de la empresa. Procesos nuevos que no han sido completamente investigados.
Promedio	5 %-10 %	Incremento de la capacidad de producción. Implementación de una nueva tecnología conocida. Proyectos con información de mercado incompleta.
Bajo	1 %-5 %	Mejoramiento de la productividad. Expansiones en un mercado en donde es líder y lo conoce bien.
Muy bajo	0 %-1 %	Reducción de costo. Proyectos relativos de seguridad.

Fuente: Apuntes Evaluación de proyectos UTFSM, Profesor Hugo Osorio.

Si bien esta tabla no es aplicable en su totalidad en proyectos de consumidores domésticos, se estima que cumple con las características de un proyecto con nivel de riesgo promedio. Esto debido a que se trata de la implementación de una nueva tecnología conocida. Posterior a esto, dentro del grupo de riesgo promedio, se considera cercano al tramo de menor riesgo, si bien se trata de una nueva tecnología, se está evaluando bajo el supuesto de que la empresa establecida brindará una garantía sobre la conversión realizada. Por los motivos anteriores se estimó una prima por riesgo del 6 %.

3.3.4.3. Tasa libre de riesgo.

Para determinar la tasa libre de riesgo, tomando en cuenta evaluación es para inversión doméstica, se utilizaron las tasas ofrecidas por el Banco Estado en cuentas con giro diferido en UF (Banco Estado, 2023). La tasa correspondiente fue del 1.6 % anual, obtenida a través de la página web oficial del banco.

3.3.5. Indicadores económicos obtenidos.

Finalmente, con los datos necesarios para el cálculo de la ecuación 2.1, los componentes de la tasa de descuento utilizada para la evaluación se muestran en la tabla 3.28:

Tabla 3.28: Tasa de Descuento del proyecto.

Concepto	Tasa
Costo de capital	19.08 %
Prima por riesgo	6.00 %
Tasa libre de riesgo	1.60 %
Tasa de Descuento proyecto financiado	26.68 %
Tasa de Descuento proyecto no financiado	7.60 %

Fuente: Banco Estado, 2023, SERNAC, 2023 y Apunte Profesor Hugo Osorio.

Entregando como resultado los indicadores económicos registrados en la tabla 3.29:

Tabla 3.29: Indicadores económicos del proyecto.

Tipo de conversión	Empresa establecida		Conversión privada	
	Financiado	No financiado	Financiado	No financiado
Tipo de proyecto				
Tasa de Descuento	26.68 %	7.60 %	26.68 %	7.60 %
PAYBACK [Años]	N/A	5.4	N/A	N/A
VAN [UF]	-53.86	42.61	-237.58	-141.11
TIR	14.01 %	14.01 %	-4.78 %	-4.78 %

Fuente: Elaboración propia.

Analizando todas las opciones simuladas, los indicadores muestran que la única opción rentable para continuar con el proyecto es su realización a través de una empresa establecida y sin financiamiento. Bajo estas condiciones, se estimó un Valor Actual Neto (VAN) de 42.61 UF (el único valor positivo entre todos los escenarios evaluados), una Tasa Interna de Retorno (TIR) de 14.01 % y un período de recuperación (Payback) esperado de 5.4 años.

3.4. Sensibilización del análisis financiero.

Luego de analizar los flujos de caja del proyecto base (sin financiamiento, realizado mediante una empresa establecida). Se determinó que los factores más influyentes en los indicadores económicos corresponden al costo de la conversión y al valor proyectado de la gasolina en el horizonte de evaluación, ver tabla 3.30. En consecuencia con lo anterior, se sensibilizaron dichos valores para cuantificar su impacto en el proyecto y analizar su viabilidad en determinados escenarios.

Tabla 3.30: Factores VAN.

Concepto	VAN Absoluta	Participación en VAN
Conversión con empresa establecida	184.4	38 %
Electricidad (21,000 km)	36.2	7 %
Ahorro por Gasolina (21,000 km)	263.2	54 %
Total	483.7	100 %

Fuente: Elaboración propia.

Sensibilización del VAN para costos de conversión y gasolina.

Como se muestra en la tabla 3.31, el proyecto se mantiene viable mientras no se presente un alza en el precio del kit sobre un 10 % en conjunto con una disminución en el valor proyectado de la gasolina superior al 10 %. En tal escenario, para la tasa de descuento seleccionada, la conversión deja de contar con un valor presente positivo(-2.15UF).

Tabla 3.31: Sensibilización VAN(UF) para costos de conversión y gasolina.

Costo kit \ Costo Gasolina	-10 %	-5 %	0 %	5 %	10 %
-10 %	34.73	47.89	61.04	74.20	87.36
-5 %	25.51	38.67	51.83	64.98	78.14
0 %	16.29	29.45	42.61	55.77	68.92
5 %	7.07	20.23	33.39	46.55	59.71
10 %	-2.15	11.01	24.17	37.33	50.49

Fuente: Elaboración propia.

Sensibilización de la TIR para costos de conversión y gasolina.

Respecto a la sensibilización de la tasa interna de retorno, la tabla 3.32 permite visualizar que incluso bajo el escenario más positivo (+10 % costo gasolina y -10 % costo conversión) el proyecto sigue sin ser rentable con el financiamiento analizado. Esto debida a que la mejor TIR alcanzada asciende a 21.6 %, la que sigue siendo inferior a la tasa de descuento del proyecto financiado (26.68 %).

Tabla 3.32: Sensibilización TIR para costos de la conversión y gasolina.

Costo kit \ Costo Gasolina	-10 %	-5 %	0 %	5 %	10 %
-10 %	13.4 %	15.5 %	17.6 %	19.6 %	21.6 %
-5 %	11.7 %	13.7 %	15.7 %	17.7 %	19.6 %
0 %	10.1 %	12.1 %	14.0 %	15.9 %	17.7 %
5 %	8.7 %	10.6 %	12.4 %	14.3 %	16.0 %
10 %	7.3 %	9.2 %	11.0 %	12.8 %	14.5 %

Fuente: Elaboración propia.

Sensibilización del Payback para costos de conversión y gasolina.

Finalmente, la última sensibilización analizada corresponde a la del periodo de recuperación o Payback, detallado en la tabla 3.33, nuevamente demuestra que el proyecto deja de ser económicamente viable si se combina una disminución del precio de la gasolina en un 10 % y un aumento del costo de la conversión en un 10 %.

Tabla 3.33: Sensibilización Payback(Años) para costo de conversión y gasolina.

Costo kit \ Costo Gasolina	-10 %	-5 %	0 %	5 %	10 %
-10 %	5.5	5.1	4.8	4.5	4.2
-5 %	5.9	5.5	5.1	4.7	4.5
0 %	6.3	5.8	5.4	5.0	4.7
5 %	6.7	6.2	5.7	5.4	5.0
10 %	N/A	6.6	6.1	5.7	5.3

Fuente: Elaboración propia.

4 | Conclusiones.

Es importante desatacar la importancia de este análisis, el cual ofrece un mecanismo para estandarizar y cuantificar el impacto conjunto de las conversiones de vehículos eléctricos en Chile. Esto es particularmente relevante, considerando la ausencia de estudios similares en la literatura formal, tanto en Chile como a nivel global. Además de su relevancia local, se destaca que se logró adaptar la metodología original para que esta pudiese incluir conversiones de vehículos, como la que se ha analizado en este documento.

Con respecto a los resultados obtenidos, se destaca que la conversión realizada por una empresa privada alcanzó el indicador general normalizado más elevado entre todos los vehículos analizados, con un valor de 1. A continuación, se ubicó la conversión particular (0.720), el vehículo eléctrico de fábrica (0.579), el vehículo híbrido de gasolina (0.314) y, finalmente, el vehículo convencional diésel (0.044). Esta superioridad se justifica por un menor costo de acceso, mayor eficiencia y menores emisiones en comparación con el resto de los vehículos analizados.

Estos indicadores entregan evidencia estandarizada que demuestra el beneficio real de las conversiones, tanto para los consumidores como para los responsables de las políticas públicas. Desde la perspectiva del consumidor, la conversión se presenta como una opción económica viable en el mercado de los vehículos de cero emisiones, especialmente cuando se tiene en cuenta el elevado precio de estos vehículos. También se encontraron otros beneficios cualitativos, entre los que destacan: la reducción de costos asociados a las restricciones vehiculares (por el estado del aire) del vehículo base, aumento en la comodidad de uso generado por la disminución de los ruidos producidos por el motor y disminución de la contaminación producida por el uso del vehículo.

Desde el punto de vista gubernamental, los indicadores no solo validan la conveniencia de las conversiones, sino que también el análisis efectuado puede ser utilizado como una herramienta para determinar en qué etapas del ciclo de vida del vehículo es conveniente realizar una conversión, lo que toma especial relevancia al considerar la meta nacional ya fijada de alcanzar un 40 % de participación de vehículos cero emisiones para el año 2050.

Dentro del análisis legal destaca que, tras revisar la propuesta vigente de "Reglamento conversiones", se identificaron diversas falencias y limitaciones que podrían limitar la viabilidad y atractivo de las conversiones. Ante esto, y considerando que la propuesta aún no se encuentra vigente, se sugirieron determinadas mejoras. Entre ellas se destacan la posibilidad de homologar distintos mecanismos de seguridad del vehículo base, como los airbags y los sistemas de estabilidad, elementos que pueden mantener, o incluso mejorar, su funcionalidad si se adaptan correctamente a la conversión.

Finalmente, con el objetivo de analizar de forma más detallada la viabilidad económica para el consumidor final, se realizó un análisis financiero orientado a este grupo. Los resultados indican que la conversión se presenta como una opción viable desde los indicadores económicos, los cuales valorizan el proyecto con un valor actual neto (VAN) de 42.61 UF y una tasa interna de retorno del 14.01 % para el escenario base analizado. A pesar de todos los beneficios cuantitativos y cualitativos ya mencionados, es importante tener en cuenta los riesgos asociados al proyecto, se considera que su periodo de recuperación o payback se encuentra muy cercano al límite del horizonte de evaluación. Cualquier eventualidad o avería podría retrasar el payback a periodos superiores a los 7 años del horizonte de evaluación del proyecto, disminuyendo el VAN del mismo a valores negativos, y estos podrían ser mitigados con la implementación de políticas públicas apropiadas, las cuales se abordarán en la sección de Recomendaciones. En conclusión, se considera que el análisis y la adaptación de la metodología base han sido exitosos, logrando cumplir en su totalidad con los objetivos establecidos.

Recomendaciones.

Como resultado de los análisis realizados, se identificaron algunas posibles direcciones para futuros estudios que continúen el análisis presentado en el documento, entre las que destacan:

- Evaluación del impacto que podrían tener políticas públicas como:
 - Entrega de créditos blandos por parte del estado para financiar las conversiones.
 - Reducción de impuestos asociados a las conversiones, tanto para empresas que las realicen como para consumidores.
 - Implementación de bonos o incentivos estatales para disminuir el costo de las conversiones.
- Proyección más detallada del costo de la conversión a largo plazo, agregando factores como economías de escala o los avances tecnológicos en el mercado.
- Ampliación del conjunto de vehículos incluidos en la comparativa, en particular, de otros segmentos más allá de los ya analizados.

Otro punto crucial que emerge del análisis es la necesidad de fortalecer los mecanismos de medición y los objetivos relacionados con la contaminación vehicular en Chile. En particular, es esencial enfocarse en el análisis del ciclo de vida de cada vehículo y sus componentes. Este aspecto es especialmente relevante si se toma en cuenta los efectos potenciales que puede tener el proceso de extracción de minerales en países como Chile, que lidera la producción mundial de cobre, utilizado en motores y partes eléctricas de los vehículos, y litio, componente principal de las baterías (SUBREI, 2022). Ambos minerales podrían ver un aumento en su demanda como resultado de la electrificación del parque automotriz a nivel mundial.

Bibliografía

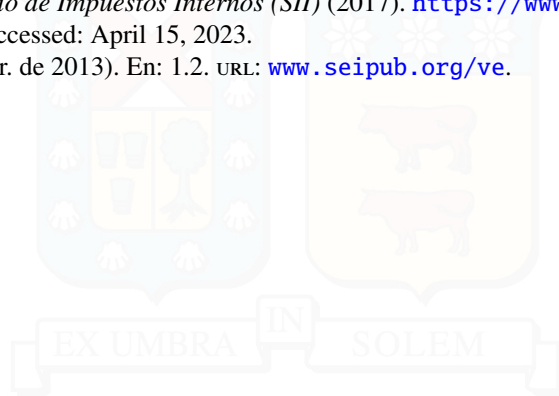
- (EIA) (2023). *Annual Energy Outlook 2023 Data Browser*. <https://www.eia.gov/outlooks/aeo/data/browser/#/?id=1-AEO2023®ion=0-0&cases=ref2023&start=2021&end=2030&f=A&linechart=ref2023-d020623a.3-1-AEO2023&map=&sourcekey=0>.
- Agency, International Energy (mayo de 2022). *Global EV Outlook 2022: Executive Summary*. Accessed on March 26, 2023. URL: <https://www.iea.org/reports/global-ev-outlook-2022/executive-summary>.
- Alternative Fuels Data Center (mar. de 2022). *How Do All-Electric Cars Work?* Accessed on March 26, 2023. URL: <https://afdc.energy.gov/vehicles/how-do-all-electric-cars-work>.
- Autofact (2023a). "Kilometraje Promedio de un Auto en Chile". <https://www.autofact.cl/blog/comprar-auto/antecedentes/kilometraje-promedio-auto>.
- (2023b). *Depreciación: ¿Qué es y cómo afecta el valor de tu auto?* URL: <https://www.autofact.cl/blog/mi-auto/cotizar-precios/depreciacion-que-es>.
- Autofact Mantenciones (2023). *Valor de Mantención de un Vehículo*. [urlhttps://www.autofact.cl/blog/mi-auto/mantencion/valor-mantencion-vehiculo](https://www.autofact.cl/blog/mi-auto/mantencion/valor-mantencion-vehiculo).
- Banco Central de Chile (2000–2023). *Banco Central de Chile*. https://si3.bcentral.cl/Siete/ES/Siete/Cuadro/CAP_PRECIOS/MN_CAP_PRECIOS/UF_IVP_UTM_F/UF_IVP_UTM_findemes?cbFechaInicio=2000&cbFechaTermino=2023&cbFrecuencia=ANNUAL&cbCalculo=NONE&cbFechaBase=. Accessed on April 23, 2023.
- Banco Estado (2023). *CUENTAS CON GIRO DIFERIDO EN UF*. <https://www.bancoestado.cl/bancoestado/inteditorformularios/genera.asp?datos=126>. Ahorro - Tasas vigentes a partir del 01/11/22.
- BCN (2022). *Biblioteca del Congreso Nacional | Ley Chile — bcn.cl*. <https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=1179524>. [Accessed 17-Apr-2023].
- (2023a). *Biblioteca del Congreso Nacional | Ley Chile — bcn.cl*. <https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=1138181&idParte=10065761>. [Accessed 17-Apr-2023].
- (feb. de 2023b). *Ley 20.780 - REFORMA TRIBUTARIA QUE MODIFICA EL SISTEMA DE TRIBUTACIÓN DE LA RENTA E INTRODUCE DIVERSOS AJUSTES EN EL SISTEMA TRIBUTARIO*. [Online; accessed 1-May-2023]. URL: <https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=1067194>.
- (2023c). *Ley de tránsito*. <https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=16864>. Accessed on May 1, 2023.
- (2023d). *Ley de Tránsito N° 18.290*. <https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=29893>. Accessed on May 1, 2023.
- (2023e). *Ley N° 21.269: Modifica la ley N° 18.290, de tránsito, para establecer la obligación de contar con un seguro obligatorio para accidentes de tránsito en el territorio nacional*. <https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=1007469>. Accessed on May 1, 2023.
- Center, Alternative Fuels Data (2022a). *How Do Gasoline Cars Work?* <https://afdc.energy.gov/vehicles/how-do-gasoline-cars-work>. Accessed on March 26, 2023.
- (2022b). *How Do Hybrid Electric Cars Work?* <https://afdc.energy.gov/vehicles/how-do-hybrid-electric-cars-work>. Accessed on March 26, 2023.
- Centro de Despacho Económico de Carga del Sistema Interconectado Central de Chile (2023). *Precio medio de mercado*. <https://www.cne.cl/precio-medio-de-mercado-2/>. Accessed: April 17, 2023.
- CEPALStat - Comisión Económica para América Latina y el Caribe (s.f.). https://statistics.cepal.org/portal/cepalstat/dashboard.html?indicator_id=1352&area_id=429&lang=es. [Accessed: April 15, 2023].

- Chile, Nissan (2023). *Nissan Chile*. [Online; accessed 1-May-2023]. URL: <https://www.nissan.cl/compraonline.html>.
- Chile, Toyota (2023). *Toyota C-HR*. [Online; accessed 1-May-2023]. URL: <https://toyota.cl/modelos/suv/c-hr/>.
- ChileAtiende (2023). *Primera inscripción de vehículos motorizados*. <https://www.chileatiende.gob.cl/fichas/3388-primera-inscripcion-de-vehiculos-motorizados>. Accessed on May 1, 2023.
- Chileautos (2023a). *2017 Volkswagen Polo 1.6 Manual Trendline*. URL: <https://www.chileautos.cl/vehiculos/detalles/2017-volkswagen-polo-1-6-manual-trendline/CP-AD-8148235/?Cr=20>.
- (2023b). *Renault Clio 2017 HB Expression 1.2*. URL: <https://www.chileautos.cl/vehiculos/detalles/renault-clio-2017-hb-expression-1-2/GI-AD-309222/?Cr=29>.
- Chilebox.cl (2023). *Chilebox - Cotizador para comprar online desde China, Estados Unidos y España*. <https://www.chilebox.cl/cotizador-comprar-online-china-usa-espana-desde-chile>.
- CIPER-Chile (ene. de 2023). “La caja negra de las tarifas eléctricas”. En: *CIPER Chile*. Accessed: April 15, 2023.
- Comisión Nacional de Energía (CNE) (2023). *MEPCO - Mecanismo de Estabilización de Precios de los Combustibles*. <https://www.cne.cl/tarificacion/hidrocarburos/mecanismo-de-estabilizacion-de-precios-de-los-combustibles-mepco/2023-2/>. [Accessed: April 15, 2023].
- CONASET (2023). *Seguro Obligatorio de Accidentes Personales (SOAP)*. <https://www.conaset.cl/soap/>. Accessed on May 1, 2023.
- Coopeuch (2023). *Seguro Obligatorio de Accidentes Personales (SOAP)*. <https://www.coopeuch.cl/personas/seguro-soap.html>. Accessed on May 1, 2023.
- Dercocenter (2021). *¿Qué debo pagar al comprar auto nuevo? Conoce los trámites*. <https://sergioescobar.cl/noticias/que-debo-pagar-al-comprar-auto-nuevo-conoce-los-tramites/>. Accessed on May 1, 2023.
- Electromov (mayo de 2020). *Movener: Experiencia de Usuario de Vehículo Convertido a Eléctrico*. <https://www.electromov.cl/2020/05/11/video-movener-experiencia-de-usuario-de-vehiculo-convertido-a-electrico/>.
- Electromov Chile (2018). *Startup chilena hace conversión de autos convencionales a eléctricos*. [Online; accessed May 11, 2023]. URL: <https://www.electromov.cl/2018/08/28/startup-chilena-hace-conversion-de-autos-convencionales-a-electricos/>.
- Enel X (2023). *What is the Lifespan of an Electric Car?* URL: <https://evcharging.enelx.com/ca/en/resources/blog/815-what-is-the-lifespan-of-an-electric-car>.
- Energía Abierta (2023). *Factor de Emisión SIC-SING*. URL: <http://energiaabierta.cl/visualizaciones/factor-de-emision-sic-sing/>.
- Energía Abierta, Ministerio de energía (2023). *Capacidad Instalada*. URL: <http://energiaabierta.cl/visualizaciones/capacidad-instalada/>.
- Energy, U.S. Department of (jun. de 2013). *The History of the Electric Car*. Accessed on March 26, 2023. URL: <https://www.energy.gov/articles/history-electric-car>.
- EV West (2023a). *Samsung SDI ESS Energy Storage Battery 16S 60 Volt - New 3.5 kWh Rack Mount*. URL: https://www.evwest.com/catalog/product_info.php?cPath=4&products_id=542&osCsid=4234ef6ced7fddd6a652b428f7283168.
- (2023b). *Thunderstruck EV 2500 Charger and Programmable CAN Bus Charge Controller*. URL: https://www.evwest.com/catalog/product_info.php?cPath=12&products_id=317&osCsid=4234ef6ced7fddd6a652b428f7283168.
- (2023c). *Universal NetGain Hyper 9 120V EV Conversion Package - Motor, Inverter, Throttle, Instrument, Chill Plate*. URL: https://www.evwest.com/catalog/product_info.php?cPath=40&products_id=583&osCsid=4234ef6ced7fddd6a652b428f7283168.
- (2023d). *VW Rabbit Adapter*. URL: https://www.evwest.com/catalog/product_info.php?cPath=36&products_id=116&osCsid=4234ef6ced7fddd6a652b428f7283168.
- Fernández-Collado, hernández sampieri et al. (2014). *METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACION/ROBERTO HERNÁNDEZ SAMPIERI, CARLOS FERNÁNDEZ-COLLADO Y PILAR BAPTISTA LUCIO*. Inf. téc.
- Field, C.B. et al., eds. (2012). *Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation*. Cambridge, United Kingdom y New York, NY, USA: Cambridge University Press.
- Flux Power (2023). *Lithium-Ion vs. Lead-Acid Battery Life*. URL: <https://www.fluxpower.com/blog/lithium-ion-vs.-lead-acid-battery-life>.

- Fritsch, Bruno (2023). *Opel New Mokka*. [Online; accessed 1-May-2023]. URL: <https://www.brunofritsch.cl/opel/opel-new-mokka>.
- Global Diesel Prices (2023). https://www.globalpetrolprices.com/diesel_prices/. [Accessed: April 15, 2023].
- Global Electricity Prices (2023). https://www.globalpetrolprices.com/electricity_prices/. [Accessed: April 15, 2023].
- Global Petrol Prices (2023). <https://www.globalpetrolprices.com/>. [Accessed: April 15, 2023].
- GOBankingRates (2023). *Experts Predict When Electric Vehicle Prices Will Finally Drop*. https://www.gobankingrates.com/saving-money/car/experts-when-will-ev-prices-drop/?utm_term=incontent_link_2&utm_campaign=1196276&utm_source=yahoo.com&utm_content=4&utm_medium=rss. Accessed: April 23, 2023.
- Goldman-Sachs (2023). *Electric vehicles are forecast to be half of global car sales by 2035*. <https://www.goldmansachs.com/insights/pages/electric-vehicles-are-forecast-to-be-half-of-global-car-sales-by-2035.html>. Accessed: April 23, 2023.
- Granovskii, Mikhail, Ibrahim Dincer y Marc A. Rosen (2007). "Economic and environmental comparison of conventional, hybrid, electric and hydrogen fuel cell vehicles". En: *Journal of Power Sources* 159.2, págs. 1186-1193. ISSN: 0378-7753. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jpowsour.2005.11.086>. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378775305016502>.
- Green NCAP (2023a). *Green NCAP Life Cycle Assessment: Methodology and Data*. URL: <https://www.greenncap.com/wp-content/uploads/Green-NCAP-Life-Cycle-Assessment-Methodology-and-Data.pdf>.
- (2023b). *Green NCAP Nissan LEAF e+ (2021) LCA Fact Sheet*. URL: https://www.greenncap.com/wp-content/uploads/pre-lca/Green%20NCAP_Nissan%20LEAF%20e-2021-0082_LCA%20fact%20sheet.pdf.
- (2023c). *Green NCAP: Life Cycle Assessment Methodology and Data, 2nd edition*. URL: https://www.greenncap.com/wp-content/uploads/Green-NCAP-Life-Cycle-Assessment-Methodology-and-Data_2nd-edition.pdf.
- (2023d). *Mission Vision*. URL: <https://www.greenncap.com/mission-vision/>.
- (2023e). *Opel/Vauxhall Mokka 2023 LCA Fact Sheet*. URL: https://www.greenncap.com/wp-content/uploads/pre-lca/Green%20NCAP_opel-vauxhall-mokka-2023-0096_LCA%20fact%20sheet.pdf.
- Hidrógeno verde Gob.cl (2022). <https://www.gob.cl/noticias/conozca-como-es-el-primer-vehiculo-ecologico-que-funciona-con-pila-de-hidrogeno-que-solo-emite-vapor-de-agua-y-que-ya-fue-autorizado-para-circular-en-chile/#:~:text=Como%20parte%20de%20este%20plan,seg%C3%BAn%20cat%C3%A1logo%20de%20650%20kil%C3%B3metros..> Accessed: March 29, 2023.
- IEA (2022). *Global EV Outlook*. <https://www.iea.org/reports/global-ev-outlook-2022>. [Accessed 20-Feb-2023].
- Impuestos Internos, Servicio de (2023). *Calculadora Impuesto Verde - Servicio de Impuestos Internos*. [Online; accessed 1-May-2023]. URL: <https://www4.sii.cl/calcImpVehiculoNuevoInternet/internet.html>.
- INE (mar. de 2021). *Permiso de Circulación*. Accessed on March 26, 2023. URL: <https://www.ine.gob.cl/estadisticas/economia/transporte-y-comunicaciones/permiso-de-circulacion>.
- Instituto Nacional de Estadísticas (s.f.). *Índice de Precios al Consumidor*. <https://www.ine.gob.cl/estadisticas/economia/indices-de-precio-e-inflacion/indice-de-precios-al-consumidor>. [Accessed: Apr. 16, 2023].
- J.P.Morgan (2023). *When Will Car Prices Drop?* <https://www.jpmorgan.com/insights/research/when-will-car-prices-drop>. Accessed: April 23, 2023.
- Julio Sánchez (dic. de 2019). *Polémica decisión del gobierno: Conversión de autos de combustible a eléctricos*. CHV Noticias. URL: https://www.chvnoticias.cl/reportajes/polemica-decision-gobierno-conversion-autos-combustible-electricos_20191205%7D.
- La Tercera (Diciembre de 2022). "Por qué sube el precio de la bencina". En: *La Tercera*. URL: <https://www.latercera.com/servicios/noticia/por-que-sube-el-precio-de-la-bencina/NR7ZOIGWFDERF3MWOY3W6IP3Q/> (visitado 16-04-2023).
- Legifrance (2023). *JORFTEXT000041780558*. URL: <https://www.legifrance.gouv.fr/loda/id/JORFTEXT000041780558>.

- Ministerio de Energía (2020). *Empresas de conversiones de vehículos eléctricos*. URL: <https://energia.gob.cl/electromovilidad/modelos-de-negocios/empresas-de-conversiones-de-vehiculos-electricos>.
- (2023a). *Orientaciones de Políticas Públicas*. <https://energia.gob.cl/electromovilidad/orientaciones-de-politicas-publicas>. Accessed on: June 27, 2023.
- (2023b). *Orientaciones de Políticas Públicas*. URL: <https://energia.gob.cl/electromovilidad/orientaciones-de-politicas-publicas>.
- Ministerio de Hacienda, Gobierno de Chile (2023). *Mecanismo de Estabilización de Precios de los Combustibles (MEPCO)*. [En línea; accesado el 16-Julio-2023]. URL: <https://www.hacienda.cl/areas-de-trabajo/politicas-macroeconomicas/mepco%7D>.
- Murias, Daniel (2020). “Habemus retrofit: Francia permite homologar conversiones de coches diésel y gasolina a eléctricos con un simple trámite”. En: *Motorpasion*. URL: <https://www.motorpasion.com/coches-electricos/habemus-retrofit-francia-permite-homologar-conversiones-coches-diesel-gasolina-electricos-simple-tramite>.
- Ocean Acidification (2020). National Oceanic y Atmospheric Administration. URL: <https://www.noaa.gov/education/resource-collections/ocean-coasts-education-resources/ocean-acidification>.
- Pachauri, R.K. y L.A. Meyer, eds. (2014). *Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Geneva, Switzerland: IPCC.
- Parmesan, C. y G. Yohe (2003). “A globally coherent fingerprint of climate change impacts across natural systems”. En: *Nature* 421.6918, págs. 37-42.
- Permiso Circulación, SII (2023). *Consulta de Tasación de Vehículos*. Disponible en: <https://www4.sii.cl/vehiculospubui/#/searchtasacion>.
- Ph.D. Ing.Hugo Osorio (2008). *Evaluación de Proyectos*. Asignatura evaluación de proyectos UTFSM. UTFSM, Asignatura EVP001.
- Portaluppi, Ayelén (2021). “País por país: cómo son las regulaciones para convertir vehículos de combustión a eléctricos en Latinoamérica”. En: *Portal Movilidad*. URL: <https://portalmovilidad.com/pm-pais-por-pais-como-son-las-regulaciones-para-convertir-vehiculos-de-combustion-a-electricos-en-latinoamerica/>.
- Pörtner, H.-O. et al., eds. (2019). *Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate*. Cambridge University Press.
- Ruta Motor (2017). *Volkswagen Polo 1.6 MSI 110 CV Limited - Tecnología Integrada*. <https://www.rutamotor.com/volkswagen-polo-1-6-msi-110-cv-limited-tecnologia-integrada/#::~:~:text=Su%20consumo%20homologado%20es%20de,13%2C9%20km%2F1>. Accessed: 2023.
- SERNAC (2023). *SERNAC - Comparador de Productos y Servicios*. <https://www.sernac.cl/app/comparador/>. Accessed: 2023.
- Servicio de Impuestos Internos (SII) (2023). *Plataforma emisiones vehiculares SII*. [urlhttps://www4.sii.cl/calcImpVehiculoNuevoInternet/internet.html?modulo=listado](https://www4.sii.cl/calcImpVehiculoNuevoInternet/internet.html?modulo=listado). Accessed: 10th June 2023.
- Silva, Jardel Eugenio da y Jair Urbanetz Junior (2019). “Converting a Conventional Vehicle into an Electric Vehicle (EV)”. En: *Brazilian Archives of Biology and Technology* 62.spe. doi: [10.1590/1678-4324-smart-2019190007](https://doi.org/10.1590/1678-4324-smart-2019190007). URL: <https://doi.org/10.1590/1678-4324-smart-2019190007>.
- Stocker, T.F. et al., eds. (2013). *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge, United Kingdom y New York, NY, USA: Cambridge University Press.
- SUBREI (2022). *Chile se posiciona como el mayor proveedor mundial de 26 productos*. <https://www.subrei.gob.cl/sala-de-prensa/noticias/detalle-noticias/2022/10/05/chile-se-posiciona-como-el-mayor-proveedor-mundial-de-26-productos>.
- Subsecretaría de Transportes, Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones, Gobierno de Chile (2021). *Reglamento Transformación de Vehículos a Eléctricos*. [Online; accessed May 10, 2023]. URL: https://www.subtrans.gob.cl/wp-content/uploads/2021/12/Reglamento-Transformaci%C3%B3n-de-Veh%C3%ADculos-a-El%C3%A9ctricos-10_12_21-a-consulta-p%C3%ABlica-1.pdf.
- T13 (2023). *Precios de autos usados bajaron más de dos millones de pesos en un año*. <https://www.t13.cl/noticia/negocios/precios-autos-usados-bajaron-mas-dos-millones-pesos-ano-15-3-2023>. Accessed: April 23, 2023.

- Tercera, La (abr. de 2023). *Eléctricos 10 más económicos*. [Online; accessed 23-April-2023]. URL: <https://www.latercera.com/mtonline/noticia/pensando-en-comprar-un-auto-electrico-aqui-te-mostramos-los-10-mas-economicos/4VHGGHG4ZNAZHGBST3FV2OPAME/>.
- The Economist Pocket World in Figures* (2015). Economist. URL: <https://books.google.cl/books?id=brBxzgEACAAJ>.
- Transition-One (2023). *Transition-One - Converting used cars to electric*. URL: <https://transition-one.fr/en/>.
- Valor del Dólar según el Servicio de Impuestos Internos (SII) (2017). https://www.sii.cl/valores_y_fechas/dolar/dolar2017.htm. Accessed: April 15, 2023.
- “Vehicle Engineering(VE)” (mar. de 2013). En: 1.2. URL: www.seipub.org/ve.



A | Anexo Tablas.



B | Anexo Figuras.

< Ver más automóviles como este Guardar

2017 Volkswagen Polo 1.6 Manual Trendline

Automotora Usado - Metropolitana de Santiago Ver Inventario

\$7,980,000 CLP

Financiamiento **Santander Consumer**

Valor Cuota 48 meses **\$158.509** ^ CAE Anual **36.23% p.a.#**

CTC: \$7.608.432

[Ver Detalle](#) [Cotizar](#)

Contacta al vendedor(a)

Enviar un mensaje a la agencia

Nombre

Correo electrónico

78,000 km Kilometraje **Manual** Transmisión **Bencina** Combustible **14.2 Km/Lt.** Consumo mixto

+15 more

Figura B.1: Captura precio Volkswagen Polo.
(Fuente: Chileautos, 2023a)

Todos los Autos Autos Nuevos Vende tu Auto Análisis Noticias Ayuda y Sitios



✓ RACKS INDUSTRIALES

✓ RACKS PARA PALLETS

✓ RACKS PICKING Y MINI RACK

SOLICITA INFORMACIÓN >

< Ver más automóviles como éste Guardar

Renault Clio 2017 HB EXPRESSION 1.2

Automotora Usado · Metropolitana de Santiago Ver inventario








18 more

66,912 km Kilometraje

Manual Transmisión

Bencina Combustible



Transfiere el dominio de tu vehículo online

Solicita tu transferencia



Completo historial del vehículo

Solicita tu informe

Contacta al vendedor(a)

Enviar un mensaje a la agencia

Nombre

Correo electrónico

Teléfono

☒ Recordar mi información ⓘ

Al enviar el formulario está aceptando los [Términos y Condiciones](#) y nuestras [Políticas de Privacidad](#).

Contactar

Llamar al vendedor

Ver teléfono



Acerca de la automotora

Figura B.2: Captura precio Renault Clio.
(Fuente: Chileautos, 2023b)

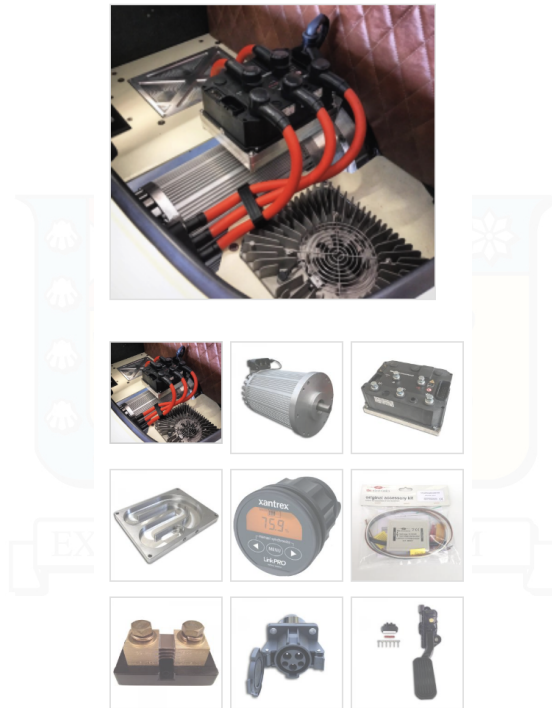


Figura B.3: Universal NetGain Hyper 9 120V EV Conversion Package - Motor, Inverter, Throttle, Instrument, Chill Plate.
(Fuente: EV West, 2023c)

Li-Ion battery 2022	Greenhouse Gas Emissions				Primary Energy Demand			
	CO ₂ [kg/kWh]	CH ₄ [kg/kWh]	N ₂ O [kg/kWh]	CO ₂ -eq. [kg/kWh]	Fossil [kWh/kWh]	Renew. [kWh/kWh]	Other [kWh/kWh]	Sum [kWh/kWh]
Production								
CN	111	0.20	0.00	119	359	29	14	403
EU	60	0.15	0.00	65	228	66	57	351
US	73	0.17	0.00	80	294	41	56	391
MIX	77	0.17	0.00	84	277	51	44	372
End-of-Life								
CN	-20	-0.02	0.00	-21	-70	-4	0	-74
EU	-6	0.00	0.00	-7	-27	-19	-9	-55
US	-9	-0.01	0.00	-9	-39	-15	-6	-61
MIX	-11	-0.01	0.00	-11	-42	-14	-6	-62

Figura B.4: Emisiones CO₂-eq para batería vehículo convertido.
(Fuente: Green NCAP, 2023c)

TOTAL \$2.878.720 Ocultar detalle ^			
DETALLE			
Detalle de impuestos**			
Derecho Aduana	695,30		550.803
Tasa de verificación	115,90		91.814
IVA aplicado	2333,80		1.848.790
Almacenaje fiscal	0,52		412
IVA almacenaje fiscal	0,10		79
Total Impuestos	3145,62		2.491
Detalle de cobro			
	Moneda	Valor	Valor (CLP)
Transporte internacional	USD	441,44	349.700
Gastos de Administración Internacional	USD	3,00	2.377
Transporte nacional	USD	39,44	31.247
Recargo por BigTicket	Peso chileno	-	3.500
Total servicio casillas	USD	488,30	386.823

Figura B.5: Detalle cotizador online chilebox.cl.(Fuente: Chilebox.cl, [2023](#))