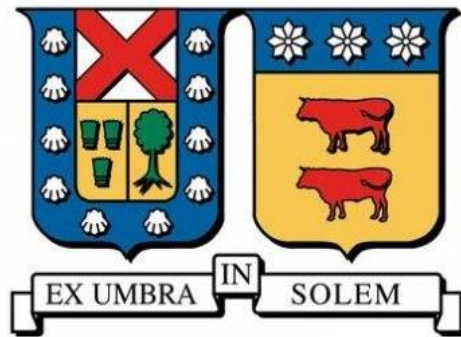


Universidad Técnica Federico Santa María

Departamento de Industrias



**Impacto Social, Económico y Medioambiental sobre la
conversión de vehículos convencionales a eléctricos.**

Memoria para optar al título de Ingeniería Civil Industrial

Autor

Iván Alejandro Araya Valdivia

Ivan.arayav@sansano.usm.cl

Rol

201504560-7

Profesor Guía

Sr. Francisco Arturo Dall'Orso León

Santiago de Chile, octubre 2022

Resumen ejecutivo

El sector de transportes genera un nivel excesivo de contaminación y perjudica directamente al medioambiente, la magnitud de desechos (sólidos y en suspensión) que proviene de los vehículos de combustión interna está afectando directamente a la sociedad actual, el problema no es solo su uso, sino que la necesidad de obtener formas más eficientes y eficaces de transporte provoca un recambio vehicular que genera día a día más unidades que deben ser desechadas y no está contemplado el reciclaje de todos sus componentes, su alto grado de contaminación y costo de utilización está generando una disminución en el incentivo de compra por medio de concientización medioambiental, social, cultural y política, las nuevas tecnologías aportan soluciones más eficientes y a un menor costo global, esto provocará un desecho gradual de los vehículos a combustión y generará un costo adicional al medio ambiente que debe tratarse desde el principio, su reutilización es imperante ya que la cultura del desecho no es sustentable en la situación actual.

La conversión eléctrica de vehículos aborda esta problemática, mediante la instalación de un kit eléctrico se obtiene una unidad completamente eléctrica que no genera emisiones de CO₂, esto genera la reutilización de la mayoría de los componentes del vehículo, es más eficiente energéticamente y tiene un costo de utilización menor al convencional.

Mediante una investigación económica, política y social se busca clarificar y cuantificar las implicancias, efectos, medidas y requerimientos del proceso de conversión eléctrica a un vehículo particular, con el fin de detallar los beneficios y desventajas de esta medida y los requisitos necesarios en el caso de su correcta implementación, los valores están evaluados con una conversión que equivale a una Unidad de Fomento (UF) por cada \$34.340 CLP.

Se genera una propuesta de política pública para clarificar las modificaciones legales y técnicas requeridas para una correcta implementación y posterior monitoreo del proceso de conversión en Chile, dentro de las cuales se destaca la generación de procedimientos de conversión para vehículos particulares y transporte (público y privado), la creación de un organismo regulador que se encargue del proceso de certificación del procedimiento de conversión, su regulación y seguridad, la gestión de un correcto proceso de retiro, reutilización y eliminación de los elementos extraídos en la conversión, incluyendo a los componentes eléctricos del vehículo proveniente de mantenciones rutinarias, por falla o desgaste.

Posteriormente se realiza un análisis del impacto de esta practica dentro de un parque de 100 vehículos taxis y colectivos, para ser comparada con la subvención que actualmente el gobierno genera con el recambio de unidades nuevas eléctricas, luego se realiza el mismo análisis para 100 vehículos particulares y se comparan las diferencias con la opción del recambio de unidad, para el caso de vehículos taxis y colectivos, se logran reducir 42.194 kg de CO₂ al año y se observa una diferencia de 252% del costo total (favoreciendo a la conversión), del análisis de vehículos particulares se logran reducir 546.210 kg de CO₂ al año, la diferencia del costo asciende a 295%, y en términos de recambio de unidad y generación de residuos, la opción de conversión es considerablemente más eficiente y eficaz, finalmente queda demostrada por razones medioambientales, económicas y sociales la viabilidad de la práctica de conversión eléctrica.

Contenido

1. Problema de Investigación	1
2. Objetivos	6
2.1 Objetivo general	6
2.2 Objetivos específicos	6
3. Marco Teórico	6
3.1 Vehículos motorizados.	7
3.1.1 Historia del vehículo de combustión interna	7
3.1.2 Historia del vehículo eléctrico	8
3.2 Situación mundial de electromovilidad.	10
3.2.1 Normativa legal en el exterior.	12
3.3 Situación nacional de electromovilidad.	15
3.3 Daños provocados por la emisión de gases de vehículos convencionales.	17
3.4 Conversión de vehículos de combustión interna a eléctricos	18
3.5 Baterías Eléctricas	21
3.6 Estaciones de carga de vehículos eléctricos a nivel nacional	25
4. Metodología	28
5. Análisis	30
5.1 Análisis Técnico	30
5.1.1 Volkswagen Escarabajo	32
5.1.2 Lada Tavria	34
5.1.3 Mazda Capella	36
5.1.4 Hyundai Accent	39
5.2 Impacto de la conversión eléctrica	41
5.2.1 Impacto en emisiones	44
5.3 Macroentorno	48
5.4 Microentorno	55
5.5 Benchmark Regulatorio	58
5.5.1 Latinoamérica	58
5.5.2 Europa	59
6. Propuesta de Política Pública	63
6.1 Modificaciones e implementaciones requeridas para la viabilidad del proyecto	63
6.2 Objetivo	65

6.3 Costo Global	67
6.3.1 Costo global de la propuesta para vehículos particulares	67
6.3.2 Costo global de la propuesta para taxis y colectivos	68
6.4 Impacto, Reducción y Subvención.	68
7. Conclusiones	71
8. Referencias	74

1. Problema de Investigación

El masivo uso de combustibles fósiles en la actualidad genera daños tanto a la salud de la gente como al medio ambiente, dicho combustible genera gases nocivos tales como dióxido de carbono, monóxido de carbono, hidrocarburos, entre otros gases, estos componentes llegan a generar un efecto invernadero, lluvias acidas y contaminación tanto en el suelo como en el aire. 9 de cada 10 personas en el mundo respiran aire contaminado y mueren alrededor de 7 millones de personas por estas causas, (OMS, 2018) y de toda esta contaminación los vehículos son responsables del 14%. (Agencia Europea del Medio Ambiente, 2019)



Gráfico n°1: Sectores que mayor impacto tienen en el medio ambiente debido a su emisión de gases de invernadero a nivel mundial.

Fuente: United States Enviroment Protection Agency, 2017.

El uso de vehículos a combustión interna genera contaminación de material particulado desde el momento que se enciende el vehículo, esto se explica debido a la ignición del combustible en su interior, debido a esta reacción se producen gases nocivos que serán evacuados a través del tubo de escape, para disminuir su efecto existe un convertidor catalítico dentro del sistema, sin embargo no todos los vehículos poseen este componente, por lo que producen un grado de contaminación mayor al resto, debido a que no se produce esta reacción y los gases antes de ser catalizados son más nocivos para el medio ambiente, la capa de ozono y las personas, el convertidor catalítico es un dispositivo metálico ubicado en el sistema de escape que se encarga de reducir los gases nocivos que el vehículo libera a la atmosfera, este actúa de manera que recibe los gases tóxicos producidos por la explosión de combustible fósil, cuyos gases principales son hidrogeno, monóxido de carbono y óxido de nitrógeno (en su mayoría hidrocarburos que no han combustionado durante la reacción), en el interior de este dispositivo se encuentran compuestos de platino, rodio y paladio, cuando los gases se encuentran en contacto con estos compuestos generan una reacción química catalizadora que descomponen y transforman los gases para convertirlos en dióxido de carbono, nitrógeno y vapor de cuyo daño al medio ambiente es considerablemente menor agua (las reacciones químicas provocadas en el catalizador son: $2CO + O_2 = 2CO_2$; $C_9H_{20} + 14 O_2$; $2NO_x + 2XCO = N_2 + 2XCO_2$).

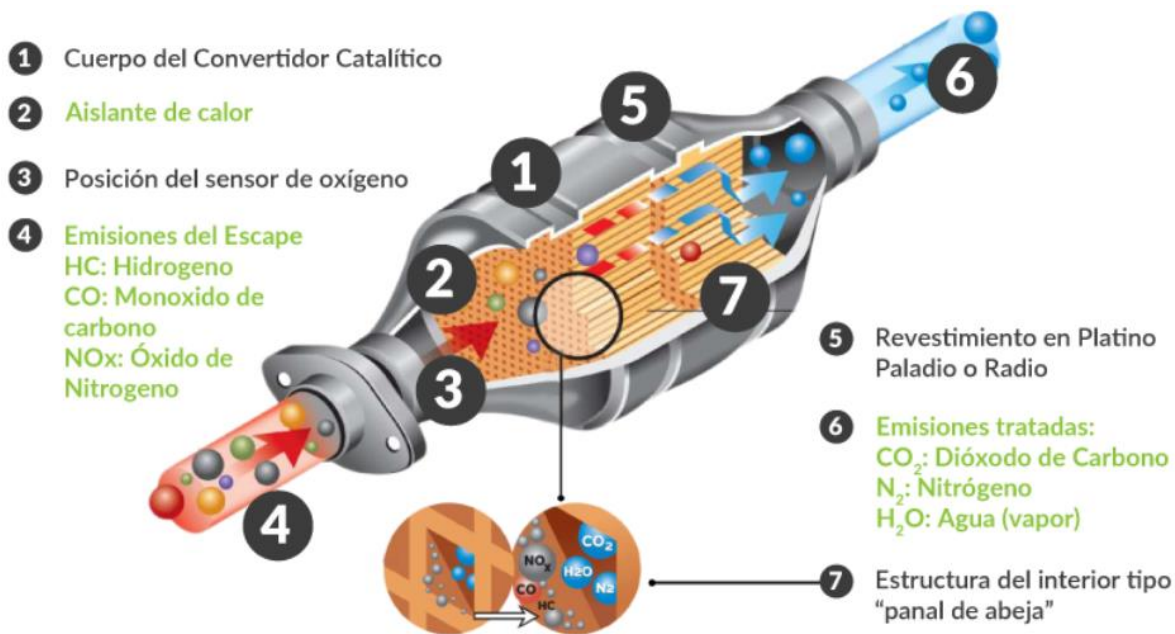


Imagen n°1: Representación de un convertidor catalítico, donde se indican sus componentes, su estructura funcional y los elementos químicos que entran y salen del dispositivo.

Fuente: Ingeniería y Mecánica Automotriz, 2020.

Desde el año 2015 se ha presentado un aumento significativo año a año en el parque vehicular de Chile, actualmente hay aproximadamente 6 millones de vehículos circulando en todo el territorio nacional (Anac, 2019), el 6% de los vehículos en circulación (registrados) corresponden a no catalíticos (INE 2019), si bien este número es pequeño, el impacto medioambiental que genera es muy grande, debido a que el catalizador reduce aproximadamente en un 80% las emisiones de gases contaminantes.

Del parque automotriz total, el 0.05% corresponde a vehículos eléctricos, un 0.18% a vehículos de funcionamiento a gas y el restante se reparte entre vehículos a Diesel y Bencina, la región que posee el mayor porcentaje de automóviles corresponde a la Metropolitana con un 39.25%, le sigue la región de Valparaíso con un 11%. Entre el año 2008 y 2017 se observa un crecimiento

vehicular de 71.7% , además se proyecta para 2025 un aumento de un 41% del parque automotriz nacional, el constante crecimiento de esta industria indica que día a día habrá más vehículos saturando las calles y generando contaminación, sin embargo la cantidad de vehículos eléctricos y no contaminantes va aumentando con gran rapidez, para 2050 se proyecta una presencia del 40% de vehículos eléctricos en el parque automotriz nacional, por lo que la electromovilidad día a día se hace un espacio más grande frente a la industria de combustibles fósiles. (EY, 2017)

Los vehículos que no poseen convertidor son los de mayor antigüedad y hasta 2020 existen 131.837 en circulación en el territorio nacional, como normativa desde 1993 se exige en Chile este dispositivo en todo vehículo nuevo que ingrese al país, además en la región metropolitana existe una restricción para su circulación durante el periodo de invierno que dura 4 meses, lo cual restringe mucho su utilización. Si bien existe la posibilidad de instalar un convertidor catalítico a estos vehículos, es muy costoso y afectar el rendimiento del motor debido a que los gases de escape ya no se liberan libremente al salir del motor, deben pasar por el catalizador, esto genera resistencia y estrés extra al motor, por estas razones es poco rentable para los dueños el seguir operándolos en la actualidad, debido a esto es que los vehículos terminan olvidados o en chatarrerías, lo cual es un desperdicio en la mayoría de los casos ya que, con una correcta mantención y conversión, estas máquinas pueden seguir operando varios años más. (Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones, 2020)

Debido al cambio climático y al alto porcentaje de ineficiencia que poseen los motores de combustión interna, los vehículos eléctricos han tomado una gran importancia en estos tiempos, si bien la mayoría de estos vehículos son nuevos y vienen ensamblados desde su fabricación,

se puede convertir un vehículo de combustión interna a uno eléctrico sin tanta complejidad, ahí aparece una opción para los dueños de estos autos antiguos.

La conversión a un vehículo eléctrico consiste en remover el motor y todo tipo de conexión dependiente de él, tales como tubo de escape, radiador y transmisión, solo manteniendo la caja de cambios y el chasis, para así proceder a instalar el motor eléctrico, baterías, cableados y todo material eléctrico necesario para su funcionamiento, cabe destacar que su inversión es menor en comparación con adquirir un nuevo vehículo y una mejora significativa en el rendimiento del vehículo, ya que el motor de combustible tiene una eficiencia del 40% y del eléctrico es cercano al 90%, por lo que al largo plazo se optimiza el uso de la energía y por consecuencia su gasto. (Ecorepost 2019)

En Chile actualmente no es legal realizar este tipo de modificaciones debido a que no existe una normativa clara ni un organismo verificador que se encargue de fiscalizar y certificar la correcta implementación y posterior uso de este tipo de conversión, es por estas razones que sus implicancias, beneficios sociales, económicos y el impacto generado en el medio ambiente se analizarán en este informe.

2. Objetivos

2.1 Objetivo general

Por medio de un extensa investigación técnica, legal y reglamentaria analizar la situación a nivel nacional y mundial sobre las actuales tecnologías que permiten una segura electro-conversión de vehículos en Chile, para posteriormente cuantificar los beneficios económicos, sociales y ambientales a generar con esta medida.

2.2 Objetivos específicos

- Detallar los cambios y beneficios técnicos que obtiene un vehículo al ser convertido a uno de tipo eléctrico.
- Determinar los problemas legales y técnicos que actualmente evitan la conversión de vehículos.
- Identificar mediante un análisis económico los beneficios que esta conversión otorgará a la sociedad.
- Identificar mediante un análisis técnico y económico los beneficios y desventajas que el dueño del vehículo debe afrontar al realizar la conversión.
- Identificar mediante un análisis medioambiental los beneficios que la conversión vehicular generará al ecosistema.
- Estimar el potencial de conversión que posee el país en cantidad de vehículos.
- Generar una propuesta de política pública para la implementación de esta práctica y como incentivarla.

3. Marco Teórico

3.1 Vehículos motorizados.

La definición de automóvil corresponde a un vehículo capaz de generar su propia fuerza motriz para moverse por tierra, capaz de transportar a una o más personas, y que es dirigido por medio de un volante ubicado en su interior.

3.1.1 Historia del vehículo de combustión interna

En sus inicios para propulsar cualquier tipo de maquinaria se utilizaba vapor como combustible, debido al gran tamaño del estanque requerido para evaporar el agua y su calentamiento excesivo se procedió a buscar un reemplazante menos aparatoso y más eficiente, en 1807 François Isaac construye el primer motor propulsado por una mezcla de oxígeno e hidrógeno, posteriormente en 1815 Josef Bozek utilizó por primera vez aceite para impulsar un motor, luego en 1838 William Barnett logra crear el primer motor de combustión interna que funcionaba a compresión con un pistón en su interior, finalmente el año 1883 Carl Benz diseñó y patentó el primer automóvil, este constaba de una carrocería de 3 ruedas, un motor de un solo cilindro con una capacidad de 958 centímetros cúbicos de gasolina en su interior, este le otorgaba 3 caballos de potencia y le permitía alcanzar los 16 kilómetros por hora, su producción comenzó en 1888 y fue el inicio de la era automotriz que poco tiempo después sería una base fundamental de la sociedad actual.



Imagen n°2: Primer vehículo diseñado por Carl Benz.

Fuente: Group Mercedes-Benz

3.1.2 Historia del vehículo eléctrico.

Ante la dificultad de utilizar un motor accionado por vapor de agua, en 1839 Robert Anderson fabricó rudimentariamente el primer vehículo propulsado por celdas eléctricas, su funcionamiento fue perfecto, poseía un menor peso que el de vapor y se movía de manera eficiente, el problema es que el vehículo no podía ser manejado por un periodo de tiempo prolongado debido a que estas celdas poseían poca capacidad de almacenamiento y estaban incapacitadas para recargarse, si bien a lo largo de los años la tecnología fue avanzando y se fueron fabricando distintos prototipos de vehículos eléctricos (incluso se comercializaron varios de ellos), estos siempre estuvieron en desventaja con los carruajes y los vehículos de combustión debido a su eficiencia, el peso importante que ejercían las baterías y su limitada autonomía.



Imagen n°3: Primer vehículo eléctrico diseñado por Robert Anderson.

Fuente: Aldautomotive.

Esta situación cambió en la crisis petrolera del año 1973, debido al elevado precio del combustible en este periodo se incentivó la búsqueda de formas alternativas para potenciar a estos motores, si bien se generaron varios avances en motores y baterías eléctricas, sus prestaciones todavía eran menores a las de un vehículo convencional, en 1980 existió una compañía llamada Jet Industries que aprovechó la crisis del combustible fósil y empezó a convertir microbuses en vehículos eléctricos, si bien fue bien recibido el servicio, una vez superada la crisis y estabilizado el costo del petróleo, dejó de ser rentable dicha compañía y abandonó el rubro.

En 1990 el interés por el medio ambiente se fue incrementando y se transparentó el impacto que los vehículos convencionales producían a través de sus gases de escape y el daño que producen las empresas que extraen el material fósil del subsuelo, es debido a esto que en 1996 General Motors fabricó un vehículo eléctrico con baterías de níquel-metal, con una autonomía de

240 km, una velocidad tope de 128 km/h y un peso de 725 kg, su fabricación duró 7 años y debido al alto costo de sus repuestos el proyecto fue cancelado.

A partir del año 2000 varios fabricantes de vehículos invirtieron en este tipo de tecnologías, así surgieron vehículos híbridos y propulsados por hidrogeno, ambos contenían un motor impulsado eléctricamente, el híbrido comparte un pequeño motor de combustión, el cual es utilizado solo cuando es necesario y logró duplicar la eficiencia, rendimiento y potencia que el vehículo puede entregar, el propulsado por hidrogeno genera energía eléctrica a través de un proceso de electrolisis inversa donde interactúa el hidrogeno con oxígeno generando vapor de agua (ONU Medio Ambiente, 2021), estos vehículos junto con avances en el poder de almacenamiento de las baterías y una ingeniosa idea de recuperación de la energía desperdiciada al frenar el vehículo, permitió impulsar el uso de estos vehículos y una gran compañía como Tesla es la principal inversora y productora de estos, hasta el día de hoy se estima que existen más de 6 millones de vehículos propulsados eléctricamente y año a año esta cifra aumenta exponencialmente (EIA, 2019).

3.2 Situación mundial de electromovilidad.

Si bien los vehículos de combustión interna son una amplia mayoría en las calles del mundo, desde hace unos años los vehículos eléctricos han aportado cierto protagonismo en el mundo automotriz, a finales del 2018 la cantidad de vehículos eléctricos en el mundo ronda el 0.4% (QZ, 2018), año a año la oferta de este tipo de vehículos se incrementa de forma muy importante, de hecho para el año 2019 se observó el mayor crecimiento en la compra este tipo de vehículos y posterior circulación en las calles del mundo, dicho crecimiento corresponde a un 2.2% con respecto al año anterior, (QZ, 2020). Este crecimiento se ve observado en el

mercado chino que ha recientemente ha impulsado la venta de estos tipos de vehículos, además del gran aporte que generó la compañía Tesla al liberar la patente de sus baterías eléctricas (ion-litio) con el fin de masificar la producción y comercialización de estos vehículos. Día a día crece la concientización con respecto a la contaminación que generan los vehículos de combustión interna y lo importante que es para el medio ambiente el dejar de utilizar combustibles fósiles para generar energía.

Existe una ambiciosa propuesta por parte de la Unión Europea (parte de la Euro 8) que busca prohibir la venta de vehículos de combustión e híbridos para el año 2035, si bien esto no es definitivo y se puede aplazar su promulgación, existe una presión para las compañías europeas fabricantes de automóviles para que propongan un límite a la fabricación de este tipo de vehículos, con el objetivo de disminuir drásticamente las emisiones de carbono.

El patio eléctrico automotriz cada vez es mayor a nivel mundial, sin embargo, los costos de estos vehículos todavía siguen siendo elevados, y para una persona de bajos ingresos es prácticamente imposible optar por la compra de un nuevo vehículo, por lo tanto la conversión eléctrica se ha convertido en una opción viable para los dueños de vehículos de combustión interna que desean reducir su huella de carbono, generar menos gasto energético y encontrar una manera más rentable para transportarse.

Si bien en gran parte de Europa es legal hacer este tipo de conversiones, en general no está normada este tipo de práctica y Francia dio un gran paso al respecto, ya que ha obtenido el beneplácito de la Comisión Europea que permite crear un marco técnico, administrativo y económico que permita y norme este cambio en todo tipo de vehículos (Electromov, 2020) , dando paso a las demás naciones para que utilicen este marco como ejemplo para que regularicen sus normas con respecto a estas prácticas y las incentiven, ya que está mal visto el

utilizar vehículos antiguos que funcionen con Diesel, de hecho hay varias ciudades Europeas han decidido prohibir este tipo de vehículos, apostando más por la electro movilidad (Hagerty, 2019).

En Latinoamérica esta iniciativa ha tomado vuelo, aprovechando pocas normativas con respecto a la conversión de estos vehículos, se han instalado varios talleres certificados en países donde es completamente legal realizar estas modificaciones, se encuentran talleres en Argentina, México, Colombia, Uruguay, entre otros (Vehiculoselectricos, 2020), se logra observar que no solo en Chile esta medida se ha estudiado, sino que en el resto de Latinoamérica ya se realizan estas prácticas y lo han realizado de buena manera prácticamente sin problemas en los vehículos transformados.

3.2.1 Normativa legal en el exterior.

La Unión europea tiene como expectativa para 2030 un total de 30 millones de vehículos eléctricos circulando, y para 2050 alcanzar la neutralidad climática o carbono neutralidad, el cual consiste en reducir las emisiones de carbono tal que lleguen a cero, de esta manera se logra un equilibrio medio ambiental que pueda compensar las emisiones de gases de invernadero existentes. (Ambientum, 2021) Para lograr un avance en términos medioambientales es necesaria generar una independencia sobre el petróleo y sus derivados, por lo tanto un cambio a la electromovilidad es necesario, sin embargo, el presidente de ACEA (Asociación de Fabricantes Europeos de Automóviles) ve poco realista esta mirada si se intenta abastecer el mercado solo con vehículos eléctricos nuevos, el costo de su fabricación todavía es muy alto y no existe el impulso económico (debido al bajo costo de los combustibles fósiles) que satisfaga la

demanda requerida para cumplir con estas metas ambiciosas, debido a esto es necesario un apoyo para alcanzar estas altas cifras de electromovilidad y la electro conversión es la alternativa más factible, eficiente y a un menor costo disponible.

Francia ya tiene regulada la conversión a vehículos eléctricos, el 3 de abril de 2020 simplificó todos los requerimientos y se estableció un marco legal que permite la conversión eléctrica para todos los vehículos contaminantes con más de 6 años de antigüedad, con el fin de aumentar el parque eléctrico automotriz y alcanzar las metas medioambientales ambiciosas que tienen, en extensión el gobierno concede subvenciones de hasta 5.000 euros para este tipo de conversiones a individuos y empresas, con este incentivo se abrió un nicho de oportunidades para este tipo de práctica, actualmente existe más de una veintena de empresas en Francia dedicadas a la conversión y con una demanda en constante aumento, por lo que se generaron más fuentes de empleo y se reutilizaron vehículos en desuso. (wikidriver, 2021)

No solo el gobierno impulsa estas prácticas, la compañía francesa Renault en su planta ubicada en la localidad de Flins (Francia), está realizando conversiones para vehículos diésel y bencineros, esta práctica se realiza debido a que existen prohibiciones horarias para el uso en centros urbanos del vehículo a combustión, por lo que con estas conversiones los habitantes pueden utilizar sus vehículos a un bajo costo, sin restricción y contaminación alguna. Esta práctica se ha ido contagiando y otras empresas europeas está realizando conversiones para sus antiguos vehículos, como Garage Fiat (Italia), Voitures Extravert (Holanda), RBW (Inglaterra).

Inglaterra ya se permite este tipo de conversiones y permiten acreditación para toda compañía que cumpla con los reglamentos del CVRAS (Clean Vehicle Retrofit Accreditation Scheme), el cual gestiona y acredita la correcta conversión de buses, automóviles, taxis, entre varios.

En España es más complicada la conversión ya que su legislación permite solo conversiones con baterías nuevas y la no reutilización de estas, esto implica un mayor costo de operación, venta y mantención, debido a esto es que pocas empresas se dedican a esta actividad en este país. (energysavingtrust, 2022)

Estados Unidos es muy liberal en este ámbito, existe una ley federal que impulsa y permite estas prácticas, es debido a esto que existen múltiples empresas dedicadas a esta actividad, incluso existen exclusivas para camiones o vehículos de competición, y esta práctica no solo está siendo impulsada por empresas, sino que cada persona que desee por sus propias manos convertir su vehículo a eléctrico puede hacerlo si obtiene una certificación asegurando la calidad del trabajo realizado, la conversión está muy avanzada en este país y está claro que es una tendencia que está para quedarse. (Treehugger, 2022)

En Latinoamérica la situación no es tan distinta, en Argentina al igual que en Chile no hay una posición clara con respecto a la legislación sobre las conversiones de vehículos eléctricos particulares, si bien alguno que otro vehículo de transporte público ha sido convertido, en temas generales no está permitida esta práctica y permanecerá así hasta que exista una legislación clara al respecto, en Brasil no existe una normativa clara al respecto pero si son posibles las conversiones y existen varias empresas dedicadas a esto, en Perú y Colombia existe un incentivo para el uso de vehículos eléctricos nuevos, no para conversiones, pero hay flexibilidad con esta práctica y si bien no debería realizarse, existen vehículos convertidos en circulación y a futuro se prevé una cooperación entre empresas particulares y los gobiernos para generar los

incentivos necesarios para realizar esta práctica de manera legal y eficiente, en Panamá, México y Guatemala no existe una regulación clara con respecto a las conversiones, pero es una práctica que se realiza en estos países por empresas particulares, por lo que es un tema muy presente a tratar y se está trabajando en marco regulatorio claro que permita las conversiones. (Portalmovilidad, 2020)

Si bien existen restricciones en múltiples países que prohíben o limitan la conversión de vehículos de combustión, las grandes potencias están un paso más adelante (en su mayoría) y permiten esta práctica de manera eficiente (en alguna incluso hay incentivos al respecto), por lo que es importante analizar esta tendencia y el impacto que este ha generado a nivel internacional, ya que con lo demostrado se puede incentivar una alta tasa de electromovilidad con esta práctica y así mejorar las condiciones medioambientales existentes.

3.3 Situación nacional de electromovilidad.

En Chile la cantidad de vehículos eléctricos circulando para el año 2020 son 2.866 (INE, 2019) aproximadamente un 0.05% del parque total, un porcentaje muy bajo en comparación con países más desarrollados, para 2030 se espera que este número se eleve hasta 80 mil, año a año la adquisición de estos vehículos se ha ido incrementando aproximadamente en un 60%, (Enelx, 2019), si bien estas cifras son positivas, estos números no son tan alentadores y queda demostrado que para fomentar la electro movilidad en el territorio no es suficiente con solo vender vehículos nuevos con esta tecnología, los vehículos además deben tener presente que tienen una oportunidad de ser parte de este movimiento, de esta manera se incentivará en mayor medida el uso de esta tecnología.

Si bien la conversión de vehículos eléctricos en Chile se viene realizando desde hace algún tiempo por un par de empresas, su conversión se realizaba de manera eficiente y sin ningún problema, y ya que no existe una norma que regule el funcionamiento de estos, se aprovechaba el vacío legal existente en Chile que permitía la intervención de vehículos construidos previo al año 1992, sin embargo en diciembre del año 2019 el Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones emitió una circular que prohibía a las revisiones técnicas aprobar cualquier tipo de vehículo que contenga algún tipo de modificación de este ámbito, con la excusa de que no está normada la transformación de cada vehículo y que esta puede estar mal hecha y afectar a sus componentes internos, lo que provocaría un daño y un potencial riesgo vial. (Uchile, 2019)

Ya que existían empresas dedicadas a este tipo de conversiones, el Ministerio Chileno le cerró las puertas a su funcionamiento, sin algún tipo de conversación o proyecto que impulse esta iniciativa, dejando un comunicado muy explícito que indicaba la prohibición indefinida de estas prácticas y de la circulación de estos vehículos, está clara la situación con respecto a las automotoras, debido a que si se permite este tipo de prácticas se estaría beneficiando a las grandes compañías ya que los dueños de estos vehículos previos a 1992, los cuales no poseen convertidor catalítico y tienen prohibida su circulación durante varios meses del año, deberán optar por la compra de un nuevo vehículo dejando en desuso al que ya tenían y así endeudarse con grandes sumas de dinero. (Electromov, 2020)

Una vez analizada la situación nacional se procede a analizar los efectos negativos que los vehículos de combustión interna generan tanto en la sociedad como en el medio ambiente debido su emisión de gases nocivos.

3.3 Daños provocados por la emisión de gases de vehículos convencionales.

La industria automotriz es el culpable del 9% de emisiones de GEI (gases de efecto de invernadero), esto corresponde a 1,7 billones de toneladas de gases nocivos producidos al año, es debido a esto que es un acelerador del calentamiento global que actualmente se vive a nivel mundial, y el componente principal es el CO₂, el cual contribuye al 66% del total de los GEI, y cada vehículo emite en promedio 23 [g/km] de material particulado de CO₂, es por esto que es urgente disminuir la concentración de este componente en el medio ambiente o provocará un daño irreversible a nivel global. (Greenpeace. 2019)

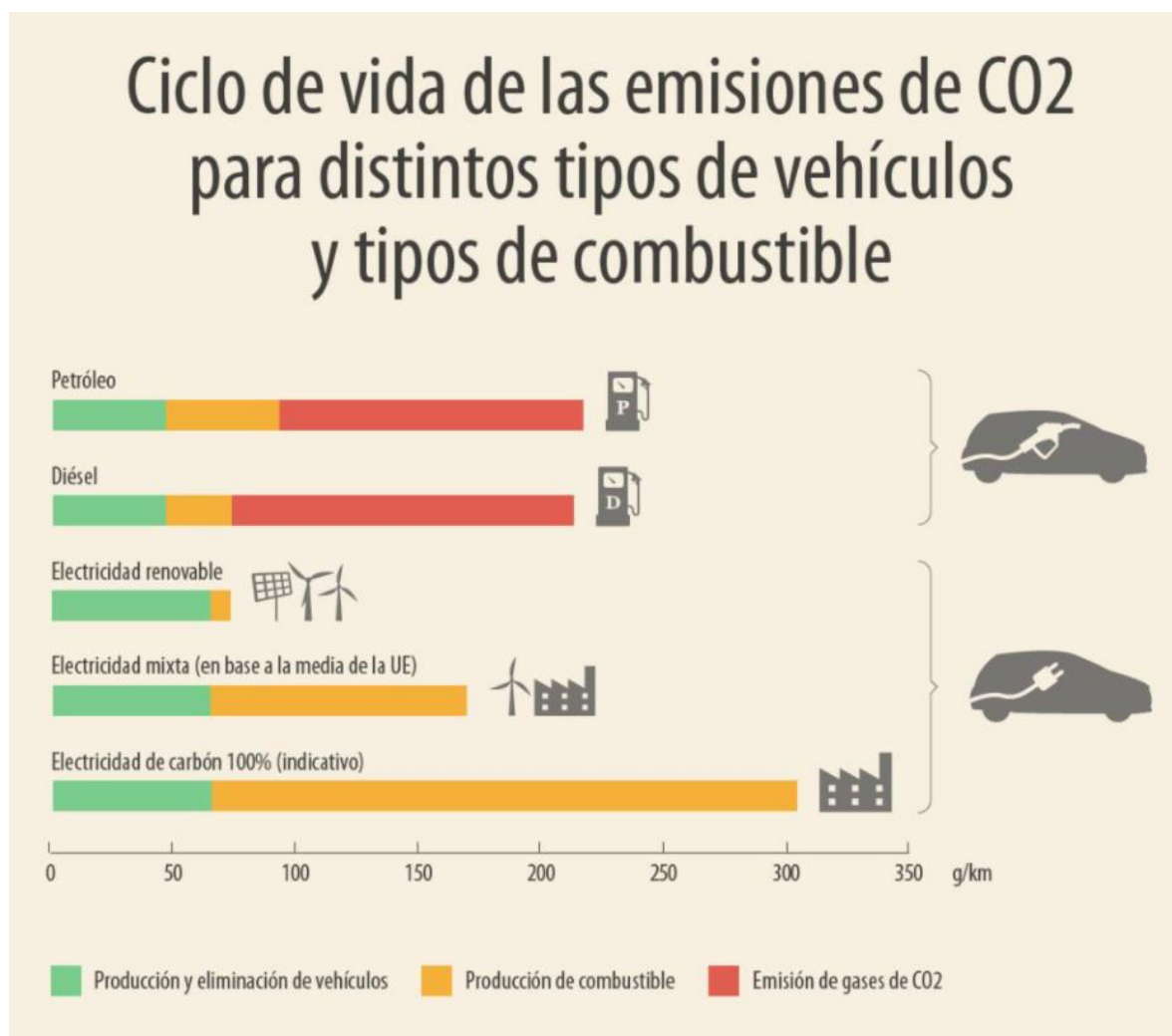


Gráfico n°2: Emisiones de CO₂ producidas por transporte en la Unión Europea en el año 2019.

Fuente: Agencia europea del Medio Ambiente (TNO).

Un componente de las emisiones que es importante mencionar es el NO_x, este gas se produce en la combustión a altas temperaturas en el motor, es muy nocivo para la salud debido a que causa corrosión tanto en la piel como en el tracto respiratorio, además de enrojecimiento y quemaduras cutáneas, algunas partículas se mezclan con hidrogeno y forman ácido nítrico, este acido irá directamente a los pulmones de la población causando graves daños reduciendo la capacidad del organismo para resistir infecciones. Dicho compuesto genera smog fotoquímico, esto afecta directamente a la calidad del aire, genera lluvia acida y además impacta negativamente a la capa de ozono, por lo que se observa que es un gas muy nocivo tanto para la población como para el medio ambiente. (Montalt, 2019)

Ya analizado el componente toxico de los vehículos de combustión interna, se procede a explicar el funcionamiento de la conversión de estos vehículos en uno totalmente eléctrico.

3.4 Conversión de vehículos de combustión interna a eléctricos

En primer medida hay que explicar que existen kits a la venta para que cada persona con suficiente conocimiento sobre mecánica automotriz pueda cambiar sus componentes e instalar este kit, este consiste en un motor eléctrico, un medidor de carga de batería, un acelerador eléctrico, un cargador de baterías, y un conjunto de baterías de litio (Autolibreelectrico), el valor de dicho kit en Chile parte en 116 UF (4 millones de CLP) y alcanza un máximo aproximadamente en 350 UF (12 millones de CLP), esta variación implica una mejora en el

motor eléctrico utilizado, la calidad, capacidad y cantidad de baterías a requerir y además el tipo de vehículo a convertir, si bien no es una opción tan barata, se obtiene una potencia, rendimiento y una autonomía increíbles en comparación con el funcionamiento previo del vehículo y en comparación con adquirir un vehículo eléctrico nuevo que ronda los 1.165 UF (40 millones de CLP), la opción de convertir los vehículos se vuelve muy viable para personas con menos recursos económicos. (CHV, 2019).

Para calcular el retorno de la inversión se toma como ejemplo un vehículo clásico como el Volkswagen escarabajo 1200, el cual posee un consumo aproximado de 8.5 litros de bencina cada 100 Km, si a este vehículo se le realiza una conversión con un kit promedio cuyo avalúo aproximado rondaría los 291 UF (10 millones de CLP), se obtendrá una eficiencia de energía donde el vehículo podrá recorrer 100 Km utilizando 13kWh de energía, con un costo de 304,6 pesos por kWh, con la conversión se alcanza un ahorro de 0,16 UF (5.390,2 CLP) cada 100Km, de esta manera se puede estimar que el retorno de la inversión se obtiene una vez recorrido 185.520 km en el vehículo.

La conversión de un vehículo de combustión interna a uno eléctrico consiste en remover el motor, el tanque de combustible, los tubos de escape, el embrague y el radiador, posterior a este desmonte se comienza la instalación de este sistema, primero se monta un plato directamente a la dirección del vehículo el cual será una conexión con el motor eléctrico, se monta un controlador y el set de baterías en el espacio donde se ubicaba el motor, luego se procede a instalar todo el cableado necesario para el correcto funcionamiento del vehículo, después se instala el sistema de carga que abastecerá al set de baterías, y finalmente se instala el motor eléctrico en el mismo espacio donde se encuentran las baterías, debido a que un motor de combustión interna y sus componentes ocupan mucho espacio, debajo del capó se encontrará

con espacio más que suficiente para instalar todo el kit sin algún problema. (Marshall Brain, 2020). Con esta conversión la eficiencia del vehículo pasa de un 40% a un 90% debido a que el motor eléctrico es más eficiente y casi ni genera calor (el calor generado en un motor de combustión interna es el principal factor de ineficiencia), de esta manera se optimiza el uso de las piezas de este, aumenta su rendimiento y disminuye considerablemente su huella de carbono.

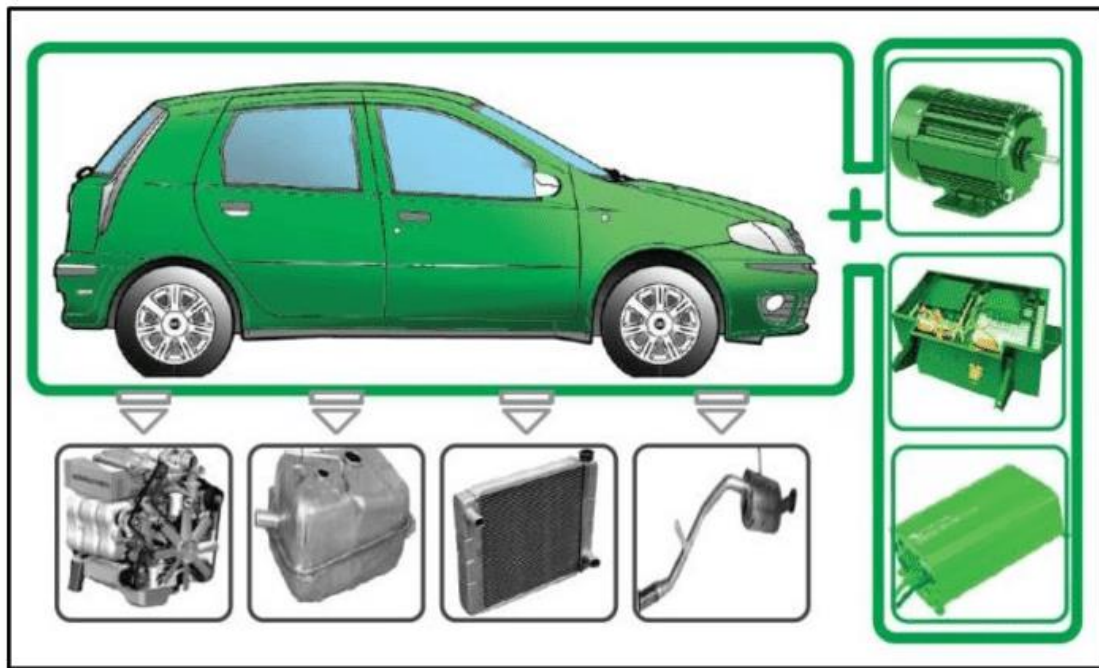


Imagen n°4: Esquema básico de conversión, donde en gris están los componentes que acompañan al motor de combustión para luego ser reemplazados por los componentes en verde (generador eléctrico, motor y baterías).

Fuente: Researchgate.

Una vez analizada la conversión del vehículo se procede a examinar su fuente de energía, debido a que el motor es eléctrico, la fuente de alimentación más eficiente disponible es un conjunto de baterías (Marshall Brain, 2020).

3.5 Baterías Eléctricas

La principal fuente de energía que poseen los vehículos eléctricos es la batería, su función principal es generar una reacción química de reducción y oxidación que produce un movimiento de electrones y por consecuencia energía eléctrica, de igual manera se puede recuperar parte de la energía obtenida al frenar para generar un cambio químico en la batería y así volver a cargarla (Electromov, 2022).

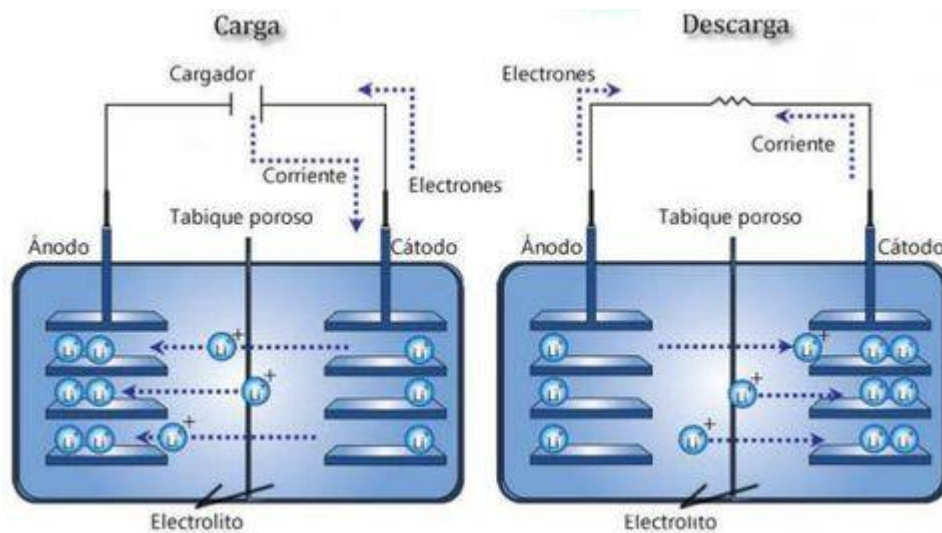


Imagen n°5: Representación de un proceso de carga y descarga de una batería eléctrica.

Fuente: Carrandriver

Hay distintos tipos de baterías existentes, en su mayoría impactan de forma negativa al medio ambiente, no se pueden reutilizar y son peligrosas de manipular, particularmente las más eficientes y seguras para ser utilizadas en vehículos eléctricos son las baterías de ion-litio, están compuestas por un electrolito de sal de litio y electrodos de litio, cobalto y oxígeno, poseen un alto poder de almacenamiento de energía debido a que el litio es un elemento altamente reactivo, pueden mantener su carga un 20% mejor que otras baterías (en condiciones normales de operación), no poseen efecto memoria por lo que una vez terminada su vida útil no pierden poder de almacenamiento, en consecuencia se pueden reutilizar añadiendo elementos necesarios para generar las reacciones de reducción y oxidación y así logrando un correcto funcionamiento, si bien en los últimos años se ha generado un gran avance en este tipo de baterías, todavía son sensibles a la degradación ante altas temperaturas (*Howlithium-ion batteries work, 2021*), debido a esto existen altos estándares de seguridad para construirlas y utilizarlas, lo que implica un aumento en su costo de fabricación.

Las baterías actuales no han alcanzado el punto de ser lo suficientemente rentables en términos de costo-beneficio hasta poder reemplazar al estanque de petróleo como fuente de energía, sin embargo lentamente se van acercando y el cambio se está generando, es un hecho de que los motores a combustión interna deben eliminarse y ser reemplazados con otro tipo de fuente de energía, en la actualidad existen múltiples formas de almacenamiento y además una constante búsqueda de nuevos elementos que puedan disminuir el impacto y generar un mayor rango de eficiencia, la Universidad Tecnológica de Chalmers está actualmente estudiando el uso de una batería como componente estructural, utilizando fibras de carbono y una mezcla de fosfato y litio se logra una estructura de rigidez 25Gpa, por otro lado investigadores de la universidad de Monash han estudiado el poder de las baterías de litio-azufre y potencialmente tienen mejores

capacidades que las actuales (Pocket-lint, 2021), se prevé que en los próximos años mejores tecnologías provoquen una disminución de esta brecha en costos y emisiones (*gráfico n°2*) para dar un paso con el fin que las nuevas tecnologías terminen reemplazando a las actuales, de esta manera se puede incentivar un uso sustentable, eficiente y económico de estas nuevas tecnologías que logren sustituir a las vigentes por su alto grado de contaminación y generación de desperdicio tanto al extraerlas como al utilizarlas.



Gráfico n°3: Precio apreciado de manufactura de una batería de ion-litio en el mercado hasta 2017, la línea punteada corresponde a la baja en el precio esperado para los siguientes años.

Fuente: Biblioteca del Congreso Nacional de Chile, 2019.

El nivel contaminante de las baterías de litio parte desde la extracción, donde las empresas mineras encargadas de extraer el material contaminan y explotan de manera descriteriada las

napas subterráneas, esto pone en peligro a las comunidades indígenas y fauna autóctona del sector, en Chile esto es sumamente grave debido a que se encuentran en zonas desérticas donde el recurso hídrico es limitado, es imperante que las nuevas políticas medioambientales protejan estas zonas de sacrificio y ponga mayores restricciones al momento de extraer este mineral, se puede reutilizar el agua extraída del relave, además de un incentivo a desalinizar agua salada para que reemplace a las napas subterráneas y un acopio adecuado de todo el residuo del proceso (Business-Human Rights, 2019).

Actualmente el porcentaje de baterías recicladas y reutilizadas es muy bajo, no en todos los países existen plantas que se encarguen de un reciclaje apropiado, en Chile existe este servicio pero es muy limitado y tiene muchas complicaciones al momento de exportar el producto reciclado, por lo que en estas condiciones no es una opción viable al corto plazo, en gran medida el tratamiento para las baterías es enterrarlas en un ataúd de cemento para que se impida el escape de los dañinos compuestos que estas poseen (*Diario Financiero*, 2020), un incorrecto almacenamiento puede provocar envenenamiento de las napas subterráneas que finalmente llegan al mar, por lo que se afectaría tanto a la flora y fauna terrestre como marina, un proceso adecuado de reciclaje de baterías de litio comienza al diferenciar los materiales que la componen, los elementos químicos litio, cobalto, níquel y/o manganeso se separan mediante un proceso químico, se extrae cada elemento para luego poder ser reutilizados como materia prima para construir nuevas baterías o nuevos materiales (Derichebourgo, 2020).

En el 2016 se promulgó la ley n°20.920 la cual marcó una diferencia en términos de gestión de residuos, esta es la responsabilidad extendida del productor y fomento del reciclaje, la cual obliga a una gran variedad de empresas productoras e importadoras de Chile a hacerse cargo de sus residuos producidos e inmersos en el mercado, debido a que no existe una correcta

fiscalización que asegure el cumplimiento de esta, muchas empresas no conocen su responsabilidad ni su obligación al hacerse cargo de sus productos, esta situación cambiará a partir del año 2023 ya que todas las empresas afectas a esta ley deben declarar sus residuos y formar parte de un sistema de gestión de residuos, de lo contrario serán multadas y este tiene un efecto retroactivo hasta el año 2016 (Ley de Responsabilidad del productor), esto incluye particularmente a todas las baterías ya que con la masivo consumo existente y en un futuro con la electromovilidad, si no está correctamente regulado se alcanzarán contaminaciones masivas de agua y se considera un riesgo potencialmente alto para la supervivencia humana, si bien en la actualidad no existe el proyecto detallado para su correcto reciclaje, se está trabajando mediante consultas públicas y estudios independientes de manera que se asegure un correcto tratamiento en un futuro cercano de estos residuos.

3.6 Estaciones de carga de vehículos eléctricos a nivel nacional

El principal punto de carga está ubicado en el hogar, Enel propone un sistema de carga autónomo e inteligente que va instalado en el garaje del hogar y permite conocer en tiempo real el estado de carga, los ciclos de carga y ajustar en que momentos decide alimentar el vehículo y cortar la corriente para no permitir un desgaste innecesario de la batería, si bien esta opción es más sencilla, se puede adquirir cargadores mediante internet para el hogar, estos son de simple instalación y dependiendo de las necesidades y capacidades su valor varía entre 23,3 y 116 UF (800.000 - 4.000.000 de CLP).



Imagen n°6: Distintos tipos de cargadores eléctricos distribuidos por EnelX.

Fuente: Enel, 2022.

Ya que no siempre se puede realizar la carga en el hogar, debido al tiempo de carga, su autonomía o simplemente porque no hay tiempo, existe otra opción, las estaciones de carga públicas si bien no son tan comunes, año a año han ido aumentando a nivel nacional, pero no en todas las ciudades está presente esta tecnología, la Región Metropolitana es el área del país con mayor puntos de carga de estos vehículos, le sigue Concepción, Pucón y Valparaíso, según la SEC (Super Intendencia de Electricidad y Combustibles) hasta 2019 existían 149 puntos de carga a nivel nacional, sin considerar el gran impulso energético que tanto Enel, Copec, Shell, otras compañías y sectores privados están implementando en puntos de carga eléctricos tanto privados como públicos.

Si bien estos números son pocos, esta tendencia va en crecimiento y debe seguir aumentando para incrementar disponibilidad, aumentar el alcance y facilitar la utilización de estas tecnologías en todo tipo de vehículos eléctricos.

4. Metodología

El método de análisis cuantitativo utilizado se basa en una rigurosa recopilación de datos y un análisis de contenido, en el cual se analizaron a los actores involucrados en el proceso de conversión del vehículo a eléctrico, desde sus partes internas hasta el efecto que este provoca hacia su entorno, además de cuantificar la cantidad de vehículos de combustión interna existentes a nivel nacional y el impacto medioambiental que estos generan. Mediante este análisis se procede a estimar en términos monetarios, medioambientales y sociales el impacto que esta conversión causa en la sociedad actual.

El análisis técnico estudia en primer lugar los componentes que deben ser removidos del vehículo, el desmontaje debe ser analizado previamente para determinar el orden del desarme de los componentes y su posterior almacenamiento o eliminación. Se debe analizar la capacidad del sistema de almacenamiento de energía a utilizar, ya que se utiliza un sistema de baterías de Ion-Litio, se debe conocer la carga total requerida, nivel de energía suministrado y dimensiones. El sistema de propulsión debe ser rigurosamente seleccionado para satisfacer el requerimiento usuario en temas de potencia, peso, eficiencia y durabilidad. Posteriormente el proceso de mantención es esencial para un correcto funcionamiento, se debe identificar correctamente que componentes tienen que pasar por este proceso y la periodicidad de las revisiones.

Durante análisis económico se busca medir los costos, beneficios y rentabilidad del cambio de tecnología entre un vehículo y otro, de esta manera se logra cuantificar y medir en términos monetarios el impacto en la implementación de esta nueva tecnología a nivel individual y colectivo.

Para el estudio del macroentorno se utiliza el análisis PESTAL, con el cuál se evalúa la factibilidad del estudio en términos políticos, económicos, sociales, tecnológicos, ambientales y legales.

En el caso del microentorno se utiliza en análisis FODA, ya que es una manera eficiente para identificar las fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas dentro de la sociedad y economía interna en el que se va a implementar esta práctica.

Para identificar las diferencias en las regulaciones técnicas y legales en los distintos países que permiten la conversión eléctrica se utiliza un Benchmark regulatorio, con el fin de identificar los cambios requeridos para la implementación de esta práctica en el país.

5. Análisis

5.1 Análisis Técnico

Se identificaron los vehículos de mayor uso por década en Chile desde 1980 hasta 2010, de esta manera se logra identificar y segmentar el impacto que una conversión eléctrica genera para cada época y vehículo, con esto se determina la eficiencia, utilidad, rentabilidad y autonomía de cada conversión.

Para todos los vehículos analizados se utilizan equipos de similar magnitud y capacidad, con esto se estandariza la cantidad y el periodo de sus mantenciones, estas consisten primordialmente en una inspección anual para confirmar un buen estado de los neumáticos, frenos, cables, conexiones, niveles de carga, descarga y autonomía del banco de baterías, un tema importante a considerar es el estado de la batería, en general existe un periodo de garantía de 8 años o 160.000 km, por lo que transcurrido este tiempo es recomendable cambiar por un nuevo banco de baterías (reciclando y almacenando correctamente el anterior), debido a la clara disminución de piezas movibles y líquidos en las distintas partes del motor, se nota que la mantención de un vehículo eléctrico es más simple, de hecho de todos los sistemas de propulsión, el eléctrico es el más eficiente, ya que requiere menor periodo de mantención y a un menor costo (*Plataforma de electromovilidad del Gobierno de Chile, 2022*).

Las baterías una vez utilizadas dentro del periodo de 8 a 10 años pueden seguir empleándose de manera segura hasta los 10 - 15 años de vida de manera estacionaria, ya que continúan con capacidad de carga, solo que no tan eficiente y confiable como para alcanzar los estándares de seguridad necesarios para ser montada en un vehículo en movimiento.

En cuanto al sistema de seguridad, según la asociación nacional automotriz de Chile se requiere como mínimo 8 componentes de seguridad en el vehículo, estos son el sistema de acoplamiento de carga, una señal acústica de alerta del vehículo que indique su presencia y pueda ser escuchada por gente a su alrededor, señaléticas y señales de seguridad, información del vehículo al propietario, color adecuado de los circuitos eléctricos y alta tensión, protección contra descargas eléctricas, y una correcta colocación del sistema de almacenamiento de energía, la siguiente imagen presenta una correcta posición de estos componentes críticos.

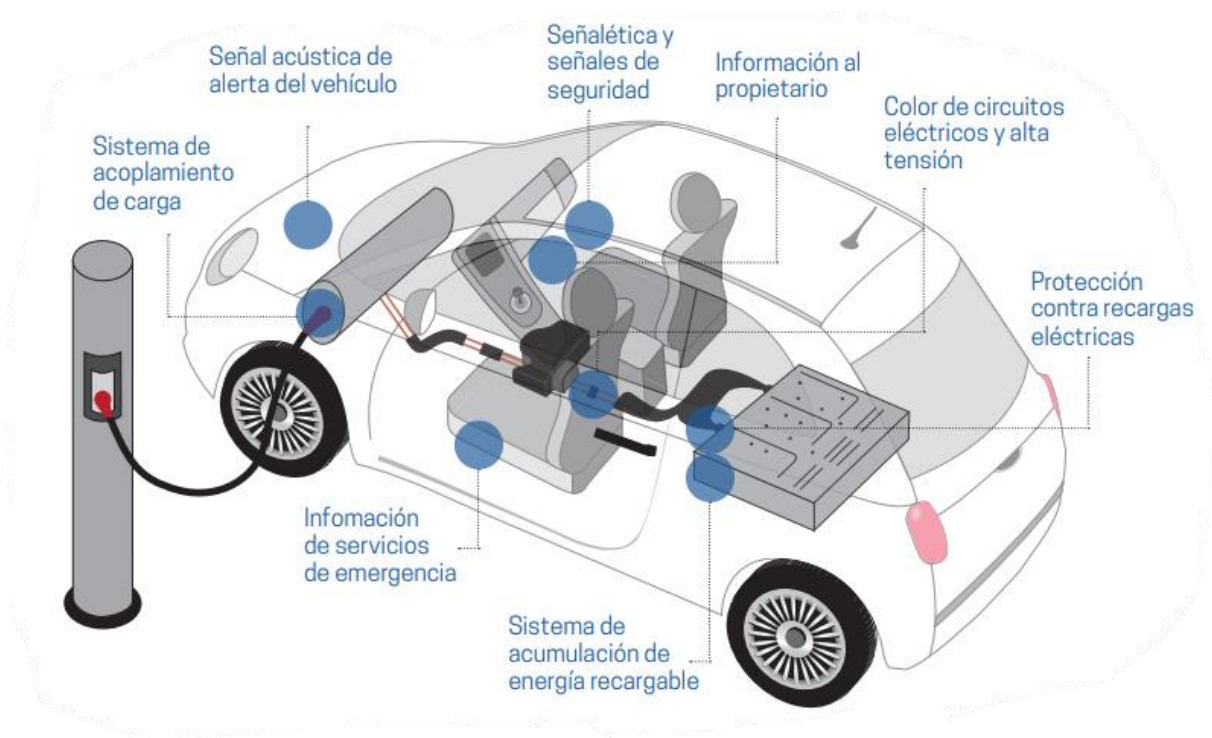


Imagen n°7: Representación visual de los componentes críticos de un vehículo eléctrico.

Fuente: ANAC, 2017.

5.1.1 Volkswagen Escarabajo

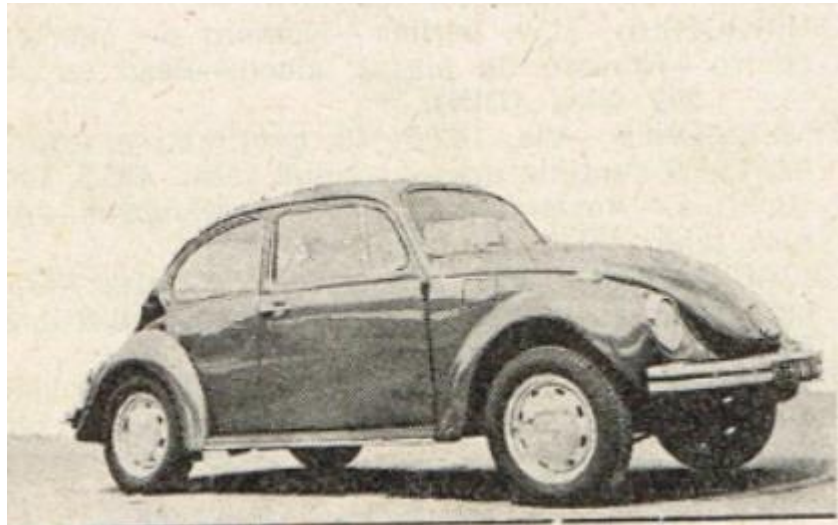


Imagen n°8: Vehículo Volkswagen Escarabajo producido en 1980.

Fuente: Yclasicos.

Para el primer análisis se utiliza el vehículo Volkswagen 1200 (Escarabajo) del año 1980, su fabricación comenzó en 1972 y terminó en 2003, su motor es trasero longitudinal de 4 cilindros opuestos refrigerados por aire y está ubicado en la parte trasera del vehículo (Yclasicos, 2012).

Según la ONU, en términos de contaminación de partículas en suspensión, un vehículo desde los 20 años de antigüedad contamina lo mismo que 36 vehículos nuevos, además en términos de monóxido de carbono, un vehículo antiguo (con convertidor catalítico) contamina lo mismo que 5 nuevos. En promedio un automóvil nuevo que rinde 15 km por litro contamina 14.352 gramos de CO₂ por cada 100 km.

No existe un exacto valor para medir las emisiones que este vehículo sin convertidor catalítico genera, debido a su antigüedad y a que en esa época no había interés en limitar los gases nocivos

al medio ambiente ni de cuantificar su magnitud, si bien no hay una cifra exacta, los gases liberados corresponden al monóxido de carbono, hidrocarburos sin quemar y óxidos de oxígeno, gases cuya nocividad para el medio ambiente y la humanidad son muy altos y no se debe permitir su emisión.

Luego se analiza el impacto cuantitativo que se genera el Volkswagen escarabajo con dispositivo catalítico, este vehículo posee un motor con 1285 centímetros cúbicos, un peso de 740 kg, capacidad de 40 litros de combustible y un rendimiento de aproximadamente 12 km por litro, utilizando los datos antes mencionados, este posee una autonomía de 480 km y emisiones de CO₂ correspondientes a 89.700 gramos por cada 100 km.

El potencial de conversión de este vehículo es alto, existen variadas empresas alrededor del mundo que se dedican exclusivamente a transformar estos vehículos a eléctricos, además de una gran cantidad de kits de conversión disponibles en el mercado mundial, Volkswagen anunció en 2019 la venta de un kit de conversión OEM (Original Equipment Manufacturer) para todos sus modelos “Escarabajo”, el cual consiste en un motor eléctrico de 60 kW (80 hp) con baterías de ion litio con 14 módulos de 2.6 kWh c/u, en total esto da una capacidad de carga de 36.8 kWh, debido a la gran cantidad de baterías su peso aumenta unos 100 kilos, esto es necesario para que la autonomía del vehículo alcance unos 200 km por carga, debido a la gran eficiencia de un motor eléctrico en comparación con este viejo motor, se provoca un aumento en la aceleración (de 0 a 50 km en menos de 4 segundos) y velocidad punta (150 km/h) del vehículo, debido a que este automóvil no está diseñado para estas velocidades y al estrés que eso implica, se debe reforzar el chasis y mejorar el sistema de frenos, este kit no está a la venta pero próximamente los usuarios de este vehículo podrían acceder a él, según la compañía EV

South, el costo del proceso de conversión es de 291 UF (10 millones de pesos) y toma 2 meses en realizarse (*Electromov*, 2018).

Recordando la eficiencia del vehículo con motor a combustión de 12 km por litro, con un valor promedio en los últimos 6 meses de 984 CLP (0,03 UF) promedio por litro de bencina, eficiencia de 13 kWh del vehículo eléctrico cada 100 km y un valor promedio anual entregado por Enel de 120 CLP por kWh, se calcula que cada 100 km se ahorran 0,2 UF (6.804 CLP) al reemplazar el combustible y su fuente de poder, por lo que el retorno de la inversión de todo el proceso de conversión se realizará a los 146.922,3 km.

5.1.2 Lada Tavria



Imagen n°9: Vehículo Lada Tavria 1102 de producción entre 1990 y 1991.

Fuente: VeoAutos.

Lada Chile en el año 1990 comienza la comercialización del Lada Tavria 1102, vehículo tipo hatchback, familiar y pequeño que atrajo la atención de la población, se vendieron cerca de 18.000 unidades entre 1990 y 1991, no muy moderno, pero con una gran eficiencia, un bajo precio y simplicidad, se ganó un espacio en el parque automotriz nacional de esa época.

Posee un motor transversal inclinado de 4 cilindros con 1.091 cm^3 ubicado en la parte frontal del vehículo, velocidad máxima de 140 km/h, un peso de 770 kg, consumo de 14,5 km por litro, una aceleración de 0 a 100 km/h en 20 segundos, una capacidad de 38 litros de combustible en el estanque y una autonomía de 760 km (VeoAutos, 2018).

No se encuentran mediciones exactas para el nivel de emisión de gases en esa época, es debido a esto que se utiliza el mismo método que con el Volkswagen, resultando un total de 53.745 gramos de CO₂ emitidos cada 100 km.

Existen alrededor de Latinoamérica varias empresas que se dedican a la conversión de vehículos antiguos que estiman un costo de conversión entre 5 y 8 millones de pesos para un vehículo menor a 800 kg, con un motor desde los 50 KW de fuerza (60 Hp) en adelante (el valor de la conversión aumenta con la potencia instalada), un banco de baterías de Ion-litio básico parte en 96 voltios y tiene una autonomía de 180 km por carga, dicha instalación dura aproximadamente 4 semanas, debido a que este vehículo tiene la capacidad de soportar altas velocidades y estrés, con tal de no aumentar el peso del vehículo (lo que se logra con este tipo de conversión) no es necesario un cambio en los componentes ni reforzar el chasis, solo verificar una correcta distribución de pesos al final de la instalación (Oscar Restrepo, 2021).

La empresa alemana Elantrie se dedica a la conversión de vehículos Lada a un costo muy razonable y con un trabajo eficiente, la conversión que realizan posee un motor con 87 hp, un

banco de baterías de Ion-litio de 30 KWh de capacidad, lo que permite una autonomía máxima de 300 km por carga, además en el baúl posee un tomacorriente que suministra energía a cualquier equipo que la requiera, la compañía garantiza un rendimiento del 80% de la batería en los primeros 450.000 km y 9.000 ciclos de batería, con estos cambios se aumenta la potencia y velocidad punta del vehículo, su autonomía se ve reducida pero para un uso cotidiano es suficiente, el valor total de la conversión anunciado por la empresa ronda los 3.500 Euros (3,4 millones de CLP) (Elantrie, 2022).

Con una eficiencia de 20 km por litro del motor a combustión, el valor promedio de 6 meses de 984 pesos por litro de bencina, la eficiencia de 13 kWh del vehículo eléctrico cada 100 km y un costo promedio en los últimos 12 meses informado por Enel de 120 pesos por kWh, en consecuencia, se obtiene un ahorro de 0,15 UF (\$5.255 CLP) cada 100 km, el retorno de la inversión se realiza a los 65.071,8 km.

5.1.3 Mazda Capella



Imagen n°10: Vehículo Mazda Capella elaborado en el año 1997.

Fuente: Auto-data.

El Mazda Capella 626 fue manufacturado entre los años 1970 y 2002, vehículo familiar, sedan, pequeño, en la parte frontal un motor con 4 cilindros de 1.800 cm^3 , un peso total de 1.180 Kg, una velocidad máxima de 180 Km/h, un consumo de 9,9 Km por litro y emisiones de CO_2 de 18.900 g cada 100 Km.

Este vehículo es del año 1997, cumple con la norma de emisiones euro 3, esto implica una reducción del 72% en óxidos de nitroso, 81% en hidrocarburos, 85% en monóxido de carbono y un 72% en material particulado en comparación con un vehículo normal que no restringe sus emisiones.

A través del estudio de “conversión de un vehículo de combustión interna a un vehículo eléctrico” *Gutiérrez Riveros, Rodrigo Nicolás.* (2021), que analiza y realiza el procedimiento de conversión para el Mazda capella, se examinan los componentes de consumo energético, costo e impacto ambiental.

Los resultados obtenidos se modificaron aumentando la potencia del motor de 15 kW a uno de 50 kW y se reemplaza el banco de baterías de plomo acido por unas de Ion-litio, con el objetivo de aumentar la potencia y la autonomía del vehículo, además el nuevo motor y baterías corresponden a similares características que las utilizadas en los vehículos previamente analizados, las desventajas al realizar este cambio implica un pequeño aumento en el peso del motor, pero este se ve compensado con el ahorro en peso de las baterías ion-litio, todo esto trae un mayor costo total en los equipos utilizados.

- En temas técnicos se realizaron cambios al sistema de frenos de manera que permita la recarga de batería en el frenado, un motor eléctrico de 50 kW de potencia y un banco de 8 celdas de baterías Ion-litio de 36 kWh.
- Se estima una reducción de CO₂ emitido a la atmosfera de 4,14 toneladas al año (230 gramos por kilómetro).
- Con la conversión se genera una reducción en la velocidad máxima del vehículo de 180 a 150 Km/h, y una autonomía aproximada de 200 Km por carga.
- El costo total de la conversión asciende hasta 258,59 UF (\$8.880.138 CLP).

Gutiérrez Riveros, Rodrigo Nicolás. (2021)

Considerando la eficiencia del motor de combustión, el valor ya mencionado de 984 pesos por litro de combustible, el rendimiento del motor eléctrico de 13 kWh cada 100 km y un costo por kWh de 120 pesos, se obtiene un ahorro de 0,24 UF (\$8.280 CLP) cada 100 Km y un retorno de la inversión a los 107.248 km recorridos.

5.1.4 Hyundai Accent



Imagen n°11: Vehículo Hyundai Accent de producción entre 2006 y 2018.

Fuente: Motorgiga.

La tercera generación de este vehículo es comercializada entre los años 2006 y 2018, su bajo precio, versatilidad, limitado peso y la gran cantidad de repuestos disponibles lo posiciona como una de las opciones más preferidas al momento de realizar conversiones eléctricas.

El vehículo seleccionado es del año 2007, tiene un motor frontal de 4 cilindros con 1.399 cm^3 , un consumo de 12 Km por litro, velocidad máxima de 144 Km/h, aceleración de 0 a 100 de 12.3 segundos, capacidad del estanque de 45 litros, emisiones de 14,6 gr/km de CO₂ y un peso de 992 kg (*MotorGiga*. 2007).

La conversión se realiza por medio de la empresa DIYev, ubicada en Florida (USA), la cual desde el año 2016 se especializa en conversiones eléctricas para vehículos particulares, camionetas, camiones, buses escolares, entre otros (DIYev, 2022).

- Se utilizan 6 baterías de Ion-litio que almacenan un total de 49,92 Kwh, motor eléctrico ubicado en la parte frontal de 50Kw de potencia.
- Se reduce la emisión de 146 gramos de CO₂ por kilómetro recorrido.
- Con la conversión se alcanza una velocidad máxima de 144 Km/h, una aceleración de 0 a 100 en aproximadamente 7 segundos y autonomía de 289 km.
- La duración del proceso de conversión son aproximadamente 2 meses.
- Se obtiene un costo total de 299 UF (\$10.284.240 CLP).

Considerando la eficiencia del motor de combustión, el valor de 984 pesos por litro de combustible, el rendimiento del motor eléctrico de 13 Kwh cada 100 km y un costo por Kwh de 120 pesos, se obtiene un ahorro de 0,15 UF (\$5.170 CLP) cada 100 km y un retorno de la inversión a los 155.652 km.

5.2 Impacto de la conversión eléctrica

A continuación, se muestra la *tabla n°1* técnica de resumen para los vehículos de combustión Volkswagen, Lada, Mazda y Hyundai previamente analizados.

Vehículo	Año	Combustible			
		Vel Max[km/hr]	Autonomía [Km]	Consumo [km/L]	Co2 [g/km]
Volkswagen Escarabajo	1980	120	470	12	89,7
Lada Tavria	1990	140	760	14,5	53,7
Mazda Capella	1997	180	740	9,4	23,02
Hyundai Accent	2007	144	540	12	14,6

Tabla n°1: Comparativa inicial de los 4 vehículos de combustión interna analizados en función de su velocidad máxima, autonomía, consumo y CO₂ emitido a la atmosfera.

Fuente: Elaboración propia.

Ya que estos vehículos son livianos y de uso particular, la velocidad máxima que alcanzan parte en 120 km/hr con el Volkswagen Escarabajo y termina en 180 km/hr con el Mazda Capella, estas velocidades ya superan el máximo permitido en el centro urbano (50-60 km/hr) y en pocas ocasiones se alcanzan tales límites.

Según la investigación de *The Economist Pocket World* el cual utiliza las bases de datos del Instituto Nacional de Estadísticas del año 2015, que considera las deficiencias del transporte público, las largas distancias a los lugares de trabajo y los viajes interurbanos, se concluye que la cantidad recorrida anualmente son 28.900 km por vehículo en promedio en Chile, por consiguiente una persona diariamente recorre unos holgados 79 kilómetros en promedio, la autonomía de los vehículos varía entre 470 km (Escarabajo) hasta el máximo de 540 km (Capella), esto le permite recorrer una gran distancia sin necesitar un repostaje de combustible, la cual es una clara ventaja para este sistema.

El consumo de estos vehículos es promedio, un mínimo de 9,4 km/L para el Capella y un máximo de 14,5 km/L del Accent junto al Escarabajo, en consecuencia, se obtiene un consumo anual en combustible de 88,1 UF (\$3.025.276 de CLP) para el Capella y 57,11 UF (\$1.961.213 CLP) para el Accent y el Escarabajo.

En términos de emisiones contaminantes, existe una tendencia a la baja mientras más nuevo es el vehículo, esto es debido a que existen nuevas regulaciones y tecnologías que permiten año a año aumentar la eficiencia y la potencia de los motores en conjunto con una disminución del material particulado emitido, en términos de emisiones el peor evaluado es el Escarabajo (el más antiguo) con un total de 2.592.330 gramos de CO₂ emitidos anualmente y el mejor es el Accent (el más nuevo), con 421.940 gramos de CO₂ emitidos al año.

Posterior a este análisis se muestra una tabla técnica comparativa luego de realizar la conversión eléctrica a todos los vehículos antes mencionados.

Vehículo	Año	Electrico				
		Vel Max[km/hr]	Autonomía [Km]	Costo conversión [UF]	Retorno Inversión [km]	Retorno [Años]
Volkswagen E	1980	150	200	291	146.922,3	5,08
Lada Tavria	1990	160	300	99	65.071,8	2,25
Mazda Capell	1997	150	200	259	107.248,0	3,71
Hyundai Acce	2007	144	289	299	155.652,0	5,39

Tabla n°2: Comparativa posterior a la conversión de los 4 vehículos analizados en función de su velocidad máxima, autonomía, costo de conversión, la cantidad requerida a recorrer para cubrir el costo de inversión y la cantidad de años requeridos en recuperar la inversión con un promedio anual de 28.900 km recorridos por cada vehículo.

Fuente: Elaboración propia.

La *tabla n°2* presenta a los 4 vehículos ya analizados posterior a su conversión eléctrica, el peso en todos los casos se respeta y el centro de gravedad debe mantenerse constante al igual que

como lo especifica el fabricante del vehículo, con las nuevas modificaciones, y un motor eléctrico que es más eficiente y potente que el original en la mayoría de los casos, se observa que en ámbitos de velocidad máxima el Escarabajo aumenta de 120 km/hr a 150 km/hr, el Tavria de 140 km/hr a 160 km/hr, la velocidad del Hyundai Accent se mantiene en 144 km/hr y la del Capella disminuye de 180 km/hr a 150 km/hr, en la mayoría de los casos su velocidad punta aumenta o se mantiene, solo para el Capella disminuye y aun así 150 km/hr es considerablemente mayor al máximo permitido así que no existe problema con este límite.

La autonomía se ve reducida, para el Escarabajo corresponde a 200 km, una reducción del 57%, para el Tavria, una reducción del 60%, para el Capella una reducción de 72%, el Accent un 61%, el rango de autonomía de los vehículos varía desde los 200 km a 300 km que si bien es poco, un tránsito diario en Chile alcanza hasta un máximo de 71 km diarios en casos de gente que vive en las afueras de la ciudad, en consecuencia con 200 km de autonomía es más que suficiente para un día de uso intenso y esto se obtiene solo con un ciclo de carga.

El costo de conversión de menor valor es para el Tavria con 99 UF (\$3.400.000) CLP, le sigue el Capella con 259 UF (\$8.880.138 CLP), luego el Escarabajo con 291 UF (\$10.000.000 CLP), y finalmente 299 UF (\$10.284.240) para el Accent.

Con un uso promedio anual de 28.900 km se observan positivos valores anuales para el retorno de la inversión, el que menos valor tiene corresponde al Tavria con 2,25 años y el mayor corresponde al Accent con 5,39 años.

5.2.1 Impacto en emisiones

Para estimar las emisiones por segmento se utiliza el informe emitido por ANAC del año 2017, este presenta un registro detallado sobre tendencias, mercado, proyecciones y el parque motor situado en ese periodo, debido a que este informe fue presentado 5 años atrás implica un error de estimación debido a que para el 2017 existía un parque de 4.400.000 vehículos y un recambio automotriz afecta directamente en la estimación del total de emisiones de gases contaminantes generados por el parque actual.

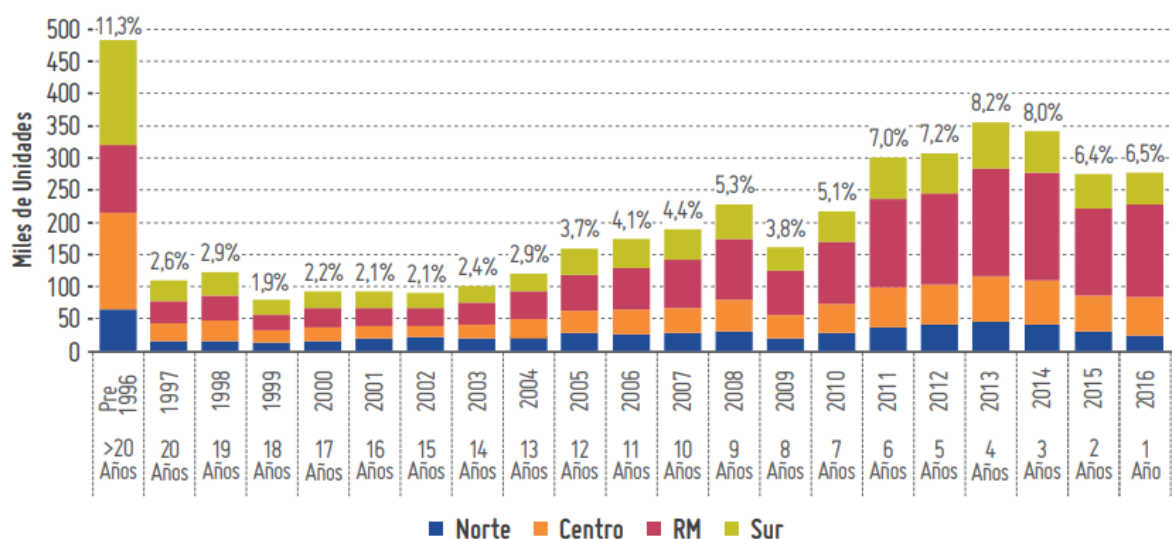


Gráfico n°4: Participación del parque vehicular en miles de unidades de vehículos livianos y medianos segmentados por años de antigüedad.

Fuente: ANAC, 2017.

Del gráfico n°4 se desprende que el rango de mayor porcentaje de participación pertenece a vehículos mayores a 20 años de antigüedad en consecuencia un año de fabricación menor a 1996, sin embargo, existe una tendencia a la alta muy marcada en la venta de vehículos desde

el año 2010, en consecuencia, los vehículos nuevos vendidos desde el 2011 acumulan un 43.3% del parque total hasta el año 2017, el rango que menor ventas registró va desde 1997 hasta 2004.

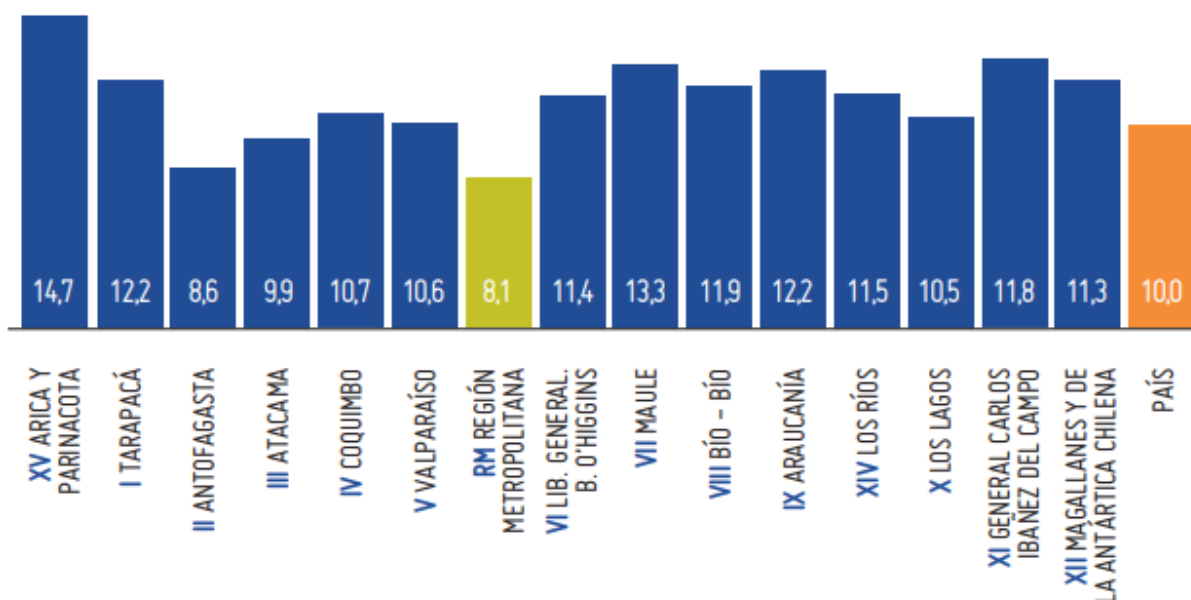


Gráfico n°5: Años de antigüedad promedio del parque vehicular de vehículos livianos y medianos segmentados por región.

Fuente: ANAC, 2017.

La región que mayor antigüedad tiene según el gráfico n°5 es la de Arica y Parinacota con 14,7 años de antigüedad promedio, la que menor edad tiene es la Metropolitana con 8,1 años de antigüedad en promedio.

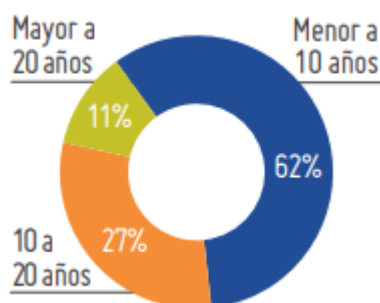


Gráfico n°6: Participación del total del parque vehicular de vehículos livianos y medianos segmentado por antigüedad.

Fuente: ANAC, 2017.

Del *gráfico n°6* se observa la participación según antigüedad, el rango de vehículos menor a 10 años corresponde al 62% del mercado de vehículos livianos y medios, el de 10 a 20 años es del 27% y para los mayores de 20 años es un 11%, ya que no existe una segmentación clara para analizar individualmente el nivel de contaminación de cada rango, se utiliza para cada segmento la estimación promedio calculada para los automóviles Tavria, Capella y Accent en cada segmento respectivamente, el rango de antigüedad menor a 10 años comprende a 2.728.000 vehículos y contaminan un total de 1.151.052 toneladas de CO₂ anuales, esto equivale a un 42,7% de emisiones del total del parque, para el rango de 10 a 20 años contamina 790.350 toneladas anuales de CO₂, un 29,2% del total y el de mayor a 20 años de antigüedad emite un total anual de 751.134 toneladas de CO₂, el 27,8%, el total de emisiones para el año 2017 de vehículos livianos y medianos equivale a 2.692.536 toneladas de CO₂.

Año a año el parque vehicular va aumentando, cada vez hay más gente y existe un mayor tránsito de personas alrededor del mundo, y considerando solo los datos del año 2021, existen 6 millones de automóviles, extrapolando los datos anteriormente analizados y simulando el escenario actual, solo los vehículos medios y livianos contaminan 3.671.640 toneladas de CO₂, y considerando un aumento de 4% anual del parque automotriz (sin ningún cambio tecnológico que permita reducir estos gases) , para 2030 se duplicarán las emisiones anuales de todos los vehículos medios y livianos considerados del análisis del 2017, debido a que ya estamos en un periodo de cambio climático, cada esfuerzo por reducir las emisiones de carbono permitirán una disminución de sus efectos permanentes que ya se están demostrando, la desertificación del

país, un aumento en temperaturas extremas, derretimiento de los glaciares y aumento del nivel del mar son efectos que ya son palpables y son un hecho en la sociedad actual.

5.3 Macroentorno

Para el análisis del Macroentorno se utiliza la herramienta Pestal, la cual divide el análisis en 5 factores distintos, los cuales serán desarrollados a continuación:

- **Político:** Si bien la cantidad de vehículos eléctricos a nivel nacional es muy reducida, en los últimos años ha existido un impulso por parte de los gobiernos de turno para impulsar la utilización de medios de transporte que no utilicen combustible fósil, a esto se suma la inclusión de buses eléctricos para el sistema de transporte público, además de un acuerdo nacional en el 2018, el cual logra un impulso económico del sector público y privado para que puedan acceder y acelerar la implementación de estas nuevas tecnologías en conjunto con estaciones de carga y un correcto reciclaje posterior.

En 2021 el gobierno presenta iniciativas para mejorar el actual plan que busca impulsar este cambio tecnológico, estas involucran incorporar vehículos eléctricos para un mínimo de 15 organizaciones públicas y privadas, duplicar la cantidad de cargadores de la red pública con respecto al 2021, formar a un mínimo de 1500 personas en temas relacionados con electromovilidad y fomentar nuevos usos de esta tecnología (*Ministerio de energía, 2022*).

Para estar alineado con metas internacionales Chile se propuso ser carbono neutral para 2050 (y eliminar las centrales carboneras para 2030), además para esa fecha debe existir un 100% del transporte público y un 40% del privado que sean vehículos del tipo eléctrico, estas metas lo ponen a la cabeza de Latinoamérica porque ningún otro país tiene metas tan ambiciosas para reducir su huella de carbono.

El problema es que el recambio de vehículos particulares es muy lento, los vehículos eléctricos nuevos tienen precios muy elevados, si bien hay reformas para impulsar su venta y aumentar los puntos de carga disponibles, aun así el costo-beneficio de esta tecnología al corto plazo es muy alto en comparación con lo tradicional, por lo que un impulso en electro-conversión es la clave para poder generar este cambio lo antes posible y masificar cada vez más el uso de electricidad como fuente de energía (*MarcaChile*, 2022).

- **Económico:** El costo de los vehículos eléctricos son altos, un sedán de prestaciones regulares como el MG ZS EV vale 757 UF (26.000.000 CLP) en la actualidad, desde ahí parte el valor de estos vehículos, ya que un Nissan de las mismas características vale unos 30 millones, un BMW i3 desde 1.427 UF (49.000.000 CLP) y así continua la lista. Si bien el alto valor se adjudica a las baterías, la verdad es que su valor ha ido reduciéndose en el tiempo, pero aun así sigue siendo uno de los componentes de mayor costo, por lo que un vehículo de estas características es de difícil acceso para la mayoría de la población (clase media hacia abajo) (*emol*, 2022).

Actualmente existe una recesión mundial y en Chile donde los valores de los bienes básicos tienen un alto precio, pero esto también incluye a los combustibles fósiles, ya que el transporte de la mayoría de los bienes se realiza por tierra (por medio de camiones), esto aumenta su valor final.

En la reciente pandemia se generalizó un miedo hacia la utilización de medios de transporte públicos debido a una mayor probabilidad de expansión de la enfermedad (Covid-19), es debido a esto que mucha gente optó por adquirir un vehículo para movilizarse y como el valor de uno eléctrico es muy alto y en contra parte existen

vehículos a bencina cuyo valor es tan bajo, por lo que la opción es clara al momento de realizar esta inversión, sin embargo, los altos valores de la bencina en la actualidad golpean duro al bolsillo de la gente común al momento de requerir la utilización de estos vehículos. La energía requerida para un vehículo eléctrico es de menor valor que la del combustible fósil, además, con las constantes inversiones en energías renovables que se están implementando, se genera año a año una baja en el valor de la energía eléctrica, si bien no existe en la actualidad el poder adquisitivo para que una parte importante de la población pueda acceder a estos nuevos equipos, una opción viable y a un menor costo existe, las conversiones de estos vehículos a eléctricos, y si se obtiene un impulso económico suficiente (por medio de bonos o reducciones en tasas de interés e impuestos) se puede generar un cambio que brinde una gran ayuda, no solo para la gente particular, sino que para toda la sociedad.

El gobierno tiene una política de electromovilidad donde brinda facilidades de pago y reducción de impuestos para empresas públicas y privadas con el fin de que adquieran vehículos eléctricos nuevos en sus flotas, además de la compra de una parte importante de las flotas de transporte público en Santiago que son eléctricas y una inversión en conjunto con empresas generadoras para conseguir mayor cuota energética de origen renovable, si bien existen iniciativas que buscan electromovilidad, no se abarca un punto muy importante, la gran cantidad de vehículos contaminantes en el suelo nacional y con pequeñas iniciativas o bonos del estado se puede avanzar y generar cambios drásticos en este ámbito (*Ministerio de Energía*, 2022).

- **Social:** Existe una demanda mundial que implica una reducción drástica en las fuentes de contaminación tanto directa como indirecta, las generaciones más jóvenes buscan

nuevas tecnologías que impacten cada vez menos al medio ambiente y generen un bienestar social mayor, para obtener parques, aguas y aire más limpio y puro, con vehículos eléctricos se logra esto, además de una reducción drástica de niveles de ruido en calles con alta congestión. Año a año la tecnología va avanzando, el público está siendo más exigente, cada vez hay aparatos con una mejor eficiencia energética, más seguros y duraderos, además la responsabilidad social impacta en grandes industrias como empresas mineras, generación de energía y agrícolas, estas están implementando medidas de mitigación por todo el daño que han hecho a comunidades (zonas de sacrificio) a lo largo del territorio nacional, pero esto no es suficiente ya que sus niveles de contaminación han sido y todavía son altos, y esto debe responder al cambio cultural y a las exigencias de la sociedad actual.

- **Técnico:** Ya que existen empresas tanto a nivel mundial como latinoamericano que realizan estas prácticas de conversión, se demuestra el fácil acceso a estas tecnologías, existen kits de conversión a la venta modo online y a bajo precio, además existían un par de empresas en Chile que se dedicaban a realizar estas conversiones hasta antes de su prohibición, por lo que está clara la disponibilidad en gran medida de los componentes requeridos para la conversión.

Un problema todavía sigue siendo el alto costo de las baterías y su capacidad de carga, si bien son rentables y eficientes en el largo plazo, su costo sigue siendo muy alto, sin embargo existen varias universidades que están estudiando e investigando distintos tipos de baterías con la misma función a un menor costo y con una mayor capacidad de almacenamiento, incluso existen en la Universidad de Chile varias investigaciones sobre celdas de energía y baterías de ion-litio con el fin de ser utilizadas como aporte futuro

en electromovilidad, por otro lado investigadores de la comisión chilena de energía nuclear están trabajando en un proyecto que busca almacenar energía a partir de nanopartículas, con estos y muchos otros proyectos se buscan soluciones a los actuales problemas de estas tecnologías, por lo que se demuestra un interés muy grande para que en el futuro sea posible la electromovilidad (*Universidad de Chile*, 2022).

- **Ambiental:** El estado actual del mundo es crítico, las reservas de combustible fósil eventualmente se agotarán, pero el impacto que ha tenido su utilización hasta el momento es irremediable, la tierra ha subido 1,2 grados desde fines del siglo 20, hay un aumento increíble en inundaciones, sequías, tornados y desastres alrededor del mundo, todos los años se alcanzan temperaturas récord (tanto de calor como de frío) en distintas partes del globo y su impacto en la ganadería, aguas, ecosistema y en la sociedad es más grande de lo estimado, la extracción de petróleo en el mar ha causado estragos, la contaminación de aguas impide una correcta fotosíntesis de algas (la cual es el alimento base en la cadena alimenticia), mata a miles de peces y animales en el océano, las aves que se alimentan de estos también se ven afectadas, y las grandes especies también, esto repercute directamente en la calidad y contaminación del alimento que consumimos y presenta una amenaza real a la existencia de las personas (y en mayor medida a las ciudades costeras) (*Greenpeace*).

La ONU está pidiendo cambios sin precedentes y exigencias cada año mayores para intentar paliar el daño ya realizado y evitar una catástrofe mundial, las grandes potencias no están cumpliendo sus metas internacionales con el medio ambiente, existen varios puntos de relevancia para evitar una gran crisis, entre estos están mejorar la calidad del agua, la capacidad de los recursos hídricos, la calidad del aire, limitar el

calentamiento global, reducción de contaminación marina, gestión sostenible del océano y detener la pérdida de biodiversidad, lamentablemente la extracción y utilización de combustibles fósiles aportan negativamente en todos los puntos antes mencionados, por lo que limitar su uso y encontrar fuentes de energía que no contaminen es indispensable (ONU, 2021).

En Chile la situación no es distinta, el país atraviesa por la más profunda y extensa sequía de su historia, ha presentado máximas y mínimas temperaturas históricas en todo su territorio y todo es culpa del calentamiento global, actualmente 2/3 de las emisiones (GEI) a nivel nacional son provocadas por el sector energético, contrarrestar este impacto es obligatorio para minimizar el efecto que el ser humano ha causado al medio ambiente, las medidas de mitigación que se propuso el gobierno son para 2024 eliminar el 30% de la capacidad de carbono existente, con el objetivo que para 2050 se eliminen todas las centrales carboneras (las cuales son las que producen del 76% de emisiones del sector energético) y que el 70% de la matriz energética sea generada por energías renovables, en el caso de un panorama favorable donde se cumplen las actuales proyecciones, para 2030 se podría alcanzar esta meta, con una matriz energética sostenida de fuentes renovables se puede impulsar con mucha fuerza la electromovilidad, el consumo de hidrogeno verde y de otras actividades sustentables alrededor del país (Ministerio de Energía, 2020).

- **Legal:** En la actualidad cualquier tipo de modificación de un vehículo a motor está prohibida, según el gobierno no se deben alterar los componentes de este ya que perturban “patrones ingenieriles” como frenado, acelerado, curvas y balances de peso dentro del vehículo, por lo que si no existe una correcta manipulación podrían ocurrir

accidentes y transformarse en un peligro para la sociedad, si bien esta práctica mal realizada es peligrosa, bajo un correcto estudio, trabajo y posterior certificación el vehículo opera bajo los mismos estándares de seguridad que inicialmente poseía, es por esto que una completa prohibición de esta medida no es correcta, sino que debería existir una completa regulación de la práctica de conversión eléctrica y una certificación exhaustiva por parte de las plantas de revisión técnica y de las respectivas empresas dedicadas a este rubro, con el fin de evitar accidentes y demostrar lo segura que es esta práctica cuando se encuentra bien realizada.

5.4 Microentorno

En el análisis del microentorno se utiliza la herramienta de estudio FODA, la cual consiste en diferenciar distintas características internas y externas sobre la práctica de conversión eléctrica.

Fortalezas:

- Se obtiene un vehículo sin emisiones contaminantes y prácticamente insonoro.
- Bajo costo de energía suministrada al vehículo.
- Mayor eficiencia del vehículo.
- Menor cantidad de mantenciones y a un menor costo.
- Acceso a un vehículo eléctrico por un valor significativamente menor.
- Eliminación de restricciones de movilidad durante todo el año.
- Reducción de averías mecánicas y accidentes automovilísticos.
- Reducción de generación de residuos (debido a la ausencia de filtros y aceites).
- Reutilización de vehículos de combustión interna.
- Extender la vida útil de los automóviles cuyo motor o partes similares queden en desuso por estrés o algún daño.

(Plataforma de electromovilidad del gobierno de Chile, 2022)

Oportunidades:

- Existencia a nivel nacional de 6 millones de vehículos de combustión interna, esto implica un mercado muy amplio y diverso donde se puede realizar esta práctica de manera segura.
- Dada la velocidad de la madurez tecnológica, los bancos de batería han ido disminuyendo su valor comercial.

- Múltiples investigaciones nacionales e internacionales sobre nuevos sistemas de almacenamiento de energía más eficientes y a un menor costo que los actuales.
- El aumento en electromovilidad y reducción de la huella de carbono posiciona a Chile como el mejor exponente latinoamericano en esta materia.
- Chile tiene como meta alcanzar la carbono neutralidad como máximo para 2050, con esta práctica (la conversión) se avanza considerablemente y a un bajo costo en el objetivo de neutralidad.
- Reducción de emisiones de gases contaminantes locales que afectan directamente a la salud de las personas y el medio ambiente, tales como NO_x , SO_2 y material particulado.
- Nuevo nicho de mercado disponible, si se explota se crearán nuevas fuentes de trabajo.
- La oportunidad de satisfacer una necesidad medioambiental que actualmente es muy cara de realizar.

Debilidades:

- Costo actual elevado de los bancos de baterías, que, si bien son eficientes, aun así, son el componente de mayor valor en la conversión.
- El periodo de conversión que aproximadamente es de 2 meses, a pesar de que no es tan elevado, hay que tener en cuenta que es un vehículo de transporte urbano y la gran mayoría de sus usuarios lo utilizan diariamente, de modo que es un factor por considerar al momento de realizar la conversión.
- El momento de carga de la batería, si bien existen cargadores de función rápida que logran una carga completa en 30 minutos, es recomendable realizar la carga de manera normal para no dañar el equipo con altos niveles de energía, esto toma unas 6 a 8 horas en total, se puede recargar en el momento que no se ocupa el vehículo, pero es una clara

desventaja al comparar la inmediatez que posee un vehículo a bencina ya que en un par de minutos se obtiene un estanque lleno listo para ser utilizado.

- La variación del costo total de la conversión, ya que dependiendo del vehículo el retorno de la inversión se puede obtener en los primeros 2,25 años o a partir de los 5,39 años dependiendo de su uso, si bien es conveniente, no es tan eficiente si existe poca liquidez y si requiere un retorno al corto plazo (menos de 2 años), este será un factor de duda al momento de considerar una conversión por parte del cliente.

Amenazas:

- La prohibición de la electro conversión en Chile es una amenaza directa que limita la masificación de la electromovilidad y aumenta el impacto medioambiental de los vehículos a bencina.
- Peligro de cortes, incendios o daños a la batería o a los componentes eléctricos del vehículo.
- La poca regulación sobre un correcto reciclaje de baterías solo existe una normativa que comprende solo su eliminación, se debe avanzar en una regulación que permita abrir plantas de reciclaje que permita manipularlas y utilizarlas para la creación de nuevos bancos de baterías.
- Peligro de electrocución en caso de un accidente automovilístico, mala manipulación o incorrecta instalación del banco de baterías.
- Poca disponibilidad de puntos de carga públicos alrededor del país.
- Desconocimiento de esta práctica y sus beneficios.

(Electromov, 2020)

5.5 Benchmark Regulatorio

5.5.1 Latinoamérica

El marco regulatorio en Latinoamérica es diverso y sin una estructura común definida, la asociación Alamos (latinoamericana de movilidad sostenible) define recomendaciones para su regulación, donde primordialmente se buscan oportunidades de mejora en materia de seguridad, trazabilidad y homologación internacional.

Con respecto a la normativa, no existe una estandarización clara para el proceso de conversión y su certificación, según cada país se adapta el marco regulatorio, los requisitos técnicos y las legislaciones vigentes para permitir las conversiones, como norma general solo se permite esta práctica para vehículos que posean un mínimo de 10 años de antigüedad.

En Argentina se solicita una aprobación de requisitos técnicos para acceder a la inscripción del vehículo modificado, dentro de los requisitos los documentos más críticos son un informe técnico firmado por un ingeniero y un listado de los componentes críticos de la conversión.

En Perú, lo mínimo requerido, una certificación por parte de la revisión técnica, los seguros obligatorios pertinentes y sus impuestos al día.

En Guatemala no existe ningún requisito legal ni técnico requerido, solo se solicita realizar un trámite de registro para la conversión.

Para Costa Rica existen reformas del artículo 13 de su ley de tránsito, esta declara que en el caso de una conversión es requerida una presentación de estos cambios al vehículo al organismo de inspección vehicular pertinente, luego se realiza una inspección exhaustiva que confirmen las modificaciones y un correcto funcionamiento del vehículo, para todo este proceso existe un

plazo de 30 días donde finalmente se otorga el permiso de circulación para el vehículo convertido.

En el caso de Colombia no existe un reglamento que defina los requisitos técnicos y legales requeridos para la conversión, sin embargo, están determinados los procedimientos para la conversión y la revisión mecánica necesaria para verificar un correcto funcionamiento del vehículo eléctrico, ya que no hay un reglamento algunos organismos permiten la conversión y otros no. (*Portalmovilidad*, 2020)

5.5.2 Europa

En Europa es variada la posición de los países sobre la conversión eléctrica, si bien en general se ve con buenos ojos, no hay un consenso general sobre el tema y la unión europea no ha emitido normativas claras al respecto, sin embargo, apoya e incita a una correcta regulación y la utilización de talleres certificados para la conversión.

En España si bien el estado no impulsa ni facilita esta práctica, se puede realizar la conversión, pero es bien limitada para algunos vehículos con especificaciones muy particulares, la normativa es algo ambigua y complicada, pero en general para el proceso de homologación se solicitan 3 documentos, el proyecto técnico, certificado de conformidad del servicio técnico de reformas autorizado y el certificado del taller que realiza la conversión, para cada vehículo se evalúa particularmente el caso y esto provoca demoras en el proceso y no siempre se asegura una aprobación por parte del organismo regulador. (*Portalmovilidad*, 2020)

En Reino Unido si bien existen grandes incentivos y descuentos al momento de comprar un vehículo eléctrico nuevo, la situación es un poco distinta con la conversión, no existe incentivo

para esta práctica pero existe una normativa clara y permisiva en este ámbito, el procedimiento comienza realizando un registro de la conversión vía online, dependiendo del tipo de vehículo, los componentes a utilizar y lo extensa de la conversión, existen 2 reglamentos similares pero con distintas exigencias, uno para vehículos reconstruidos y otro para vehículos radicalmente alterados, una vez alineados los reglamentos se procede a analizar si el vehículo sigue las regulaciones nacionales estándar para el tránsito, luego se firman las formas correspondientes al tipo de vehículo y el impuesto al que debe acceder (existen distintos reglajes para vehículos de distintas dimensiones y años de antigüedad), por último se debe informar a la compañía de seguro sobre las modificaciones realizadas, una vez logrado todo el procedimiento se procede a entregar el permiso de circulación correspondiente (*Rac, 2022*).

En Italia existen múltiples incentivos para esta práctica, la excepción de impuestos de tránsito para el vehículo por 5 años, una reducción del 50% valor de la aseguradora, acceso liberado para todas las zonas de tránsito vehicular y para diciembre de 2022 existirá un descuento del 60% del valor de la conversión (con un tope de hasta 3500 Euros), la normativa para esta práctica es clara y sencilla, existe un organismo regulador que verifica un correcto funcionamiento e instalación del proceso de conversión que garantiza la seguridad del vehículo y sus ocupantes, luego de una correcta certificación y el pago de impuestos para la conversión, se procede a la entrega del permiso de circulación correspondiente. (*Interreg Europe, 2018*)

La situación en Francia está muy avanzada, en primer lugar para la venta de autos eléctricos nuevos y usados existen distintos incentivos que incluyen a vehículos particulares, comerciales y de transporte, los montos de ayuda varían hasta un máximo de 8.000 Euros dependiendo del tipo de vehículo y su función, el gobierno también genera incentivos de hasta 1.000 Euros para

otras alternativas que reduzcan la huella de carbono como vehículos híbridos eléctricos o gas (*Europe Autonews*, 2021), estas medidas han sido bien recibidas por sus habitantes ya que para el año 2021 el 23% de las ventas pertenecieron al tipo eléctrico, un aumento de un 55% en comparación con el año anterior (*Cleantech*, 2021).

Para el caso de las conversiones eléctricas, el gobierno francés también incluye incentivos como un bono de 5.000 Euros e incita a las empresas públicas, privadas y particulares a utilizar esta práctica facilitando y clarificando todo el proceso normativo, legal y técnico necesario para la conversión, el proceso de homologación tiene como requisito inicial poseer un vehículo con un mínimo de 5 años de antigüedad, que posea un motor de combustión interna y no sea de colección, además los materiales y los elementos para la conversión eléctrica están debidamente definidos, normados e informados al momento de iniciar este proceso, luego se debe verificar que el instalador o empresa encargada de la conversión está debidamente acreditado según el artículo R.321-24 del código de circulación, posterior a esto se genera un boceto del prototipo del vehículo seleccionado junto con la adquisición de los dispositivos para la conversión, la homologación se aceptará cuando se apruebe el prototipo y los dispositivos analizados por el Centro Nacional de homologación de vehículos, se detalla que el proceso de conversión solo puede ser realizado en territorio francés (de parte de una empresa o persona certificada), además el fabricante del vehículo debe emitir una autorización para la intervención del vehículo en un plazo máximo de 2 años, las instrucciones y procedimientos para la conversión del vehículo es proporcionada al instalador y debe seguirse al pie de la letra, cualquier cambio debe ser informado y aprobado por la entidad de homologación pertinente, una vez realizada la conversión se verifican distintos requerimientos del vehículo como dispositivos en contra de una manipulación no autorizada, ensayos pertinentes del sistema como pruebas de fuego y un

correcto dimensionamiento de los dispositivos, todas las pruebas mecánicas requeridas para un correcto funcionamiento en todas las condiciones ambientales necesarias, un requisito de sostenibilidad de los componentes y una posterior reutilización correcta, siguiente a la inspección y aprobación las exigencias requeridas se procede a otorgar el permiso de circulación correspondiente. (*European Comission*, 2020)

6. Propuesta de Política Pública

La propuesta consiste en clarificar las modificaciones legales y técnicas que permitan una correcta implementación y monitoreo de la práctica de conversión, para luego segmentar el rango de vehículos óptimo para esta práctica, con esto se generará un costo global de vehículos potenciales para la conversión, mediante estos parámetros se comparan y generan propuestas de incentivos financiados por el estado en la búsqueda de reducción de emisiones, un menor consumo de combustibles fósiles y el aumento en la cuota de electromovilidad nacional.

6.1 Modificaciones e implementaciones requeridas para la viabilidad del proyecto

Mediante modificaciones legales y la implementación de programas de fomento se busca incentivar esta práctica, disminuir las emisiones de gases nocivos y generar nuevas fuentes de empleo.

Las modificaciones legales consisten en:

- Eliminar la circular emitida por el Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones del año 2019 que prohíbe a las plantas de revisión técnica admitir vehículos con una conversión eléctrica realizada.
- Generar un procedimiento estándar de conversión para vehículos particulares.
- Generar un procedimiento de conversión para vehículos de transporte público y privado.

- Obligatoriedad de conseguir un seguro automovilístico especial para este vehículo que lo proteja en caso de accidentes e imprevistos y que se detalle claramente en el chasis que es de tipo eléctrico.
- Instruir al personal de las plantas de revisión técnica para que identifique los componentes claves de seguridad mínimos requeridos para garantizar un correcto funcionamiento y seguridad de los ocupantes.
- Generar un organismo regulador que se encargue del proceso de certificación del procedimiento de conversión con el fin de acompañar y asegurar una correcta instalación, un correcto dimensionamiento, carga, disposición y distribución de peso de los dispositivos eléctricos y mecánicos, además de asegurar su funcionamiento a través del tiempo y posterior uso, además de los impuestos y papeles necesarios para su implementación.
- Gestionar un correcto proceso de retiro, reutilización y eliminación de los elementos extraídos en la conversión, incluyendo a los componentes eléctricos del vehículo proveniente de mantenciones rutinarias, por falla o desgaste.

Beneficios económicos que pueden generar un incentivo adecuado de cambio tecnológico en la población:

- Excepción de impuestos por el tránsito de los vehículos (patente y permiso de circulación) durante los primeros 5 años posteriores a la conversión.
- Subvención desde 50% del valor de la conversión para aminorar el costo y el retorno en la inversión.

- Subvención para empresas privadas con el objetivo de convertir la totalidad de su flota en eléctricos, puede existir una combinación entre vehículos convertidos y eléctricos nuevos.

6.2 Objetivo

El objetivo principal es reducir de manera más eficiente y eficaz las emisiones del sector y a un menor costo, de los rangos analizados se seleccionaron los vehículos fabricados en 1990 y 2000, que sean de similares características que el Lada Tavria y el Mazda Capella, del *gráfico n°6* se concluye que el 27% del parque vehicular de vehículos livianos y medianos corresponde a un vehículo de 10 a 20 años de antigüedad y que el 11% corresponde a vehículos mayor de 20 años, esto presenta que el 37% del parque total es candidato a una conversión eléctrica eficiente y eficaz.

Se busca abarcar la mayor cantidad de vehículos al menor costo posible, de manera que se pueda lograr el mayor impacto para la población, la economía y el medio ambiente, los vehículos Lada Tavria y Mazda Capella son los vehículos con el menor costo asociado a la conversión y un retorno del dinero en el menor tiempo en comparación con los demás analizados, bajo el supuesto que el 37% del parque (del año 2017) corresponde a vehículos de similares características y prestaciones, esto implica que existe un universo de 1.628.000 potenciales vehículos candidatos para una adecuada conversión eléctrica, este es el segmento optimo a abarcar para reducir los costos y abarcar el mayor mercado posible con los recursos disponibles.

Hasta finales del 2021 existían solo 151 taxis eléctricos en todo Chile, 128 pertenecen a la región Metropolitana, 9 de Valparaíso, 7 en Coquimbo y 2 en la Araucanía y en Aysén, un taxi o colectivo en promedio recorre 200 km diarios, bajo esta suposición es factible y eficiente realizar una conversión a estos vehículos para aprovechar su infraestructura, reducir eficazmente las emisiones de carbono y reutilizar eficientemente el vehículo que sería destinado a chatarra, para cambiar el panorama actual el gobierno dispone de subsidios para la renovación de flotas de taxis y colectivos, este monto es bajo considerando adquirir un vehículo nuevo de combustión interna, en cambio con un vehículo híbrido la situación es distinta, el máximo monto de subvención es de 143 UF (\$4.900.000 CLP), en cambio para todo tipo de vehículo eléctrico que supere una eficiencia de 3 km/kW, el valor de la subvención asciende hasta 224 UF (\$7.700.000 CLP), monto que cubre en el mejor de los casos un 15,7% del valor total del vehículo, dejando en manos del beneficiario cubrir los costos restantes que son realmente altos, utilizando el vehículo de menor antigüedad analizado como el Hyundai Accent, (reconocido por ser comúnmente asociado a taxis y colectivos por su gran cantidad de repuestos y bajo costo de adquisición) de su costo total de conversión eléctrica (\$10.284.240 CLP), considerando la actual subvención del gobierno, se alcanza a cubrir un total del 74%, dejando un total de 75 UF (\$2.584.240 CLP), de esta manera se reduce el retorno de la inversión inicial desde los 5,4 años hasta 1,73 años, lo cual provoca una reducción significativa en términos del costo global. (Gob.cl, 2022)

6.3 Costo Global

6.3.1 Costo global de la propuesta para vehículos particulares

Para un escenario realista de 100 vehículos en el rango anteriormente analizado de 1990 hasta 2000 tales como el Lada Tavria y el Mazda Capella, bajo los mismos supuestos de costos de subvención, costos de operación, funcionamiento, contaminación y energía requerida, se analiza y compara el impacto que se genera bajo la opción de recambio propuesta por el gobierno y la opción de conversión eléctrica de este proyecto.

Se utiliza el costo de conversión más alto entre ambos vehículos, el cual pertenece al Mazda Capella con un valor de 256 UF (\$8.800.000 CLP), el cual genera emisiones de CO₂ de 18.900 g cada 100 kilómetros.

El costo total de conversión de los 100 vehículos se eleva hasta el valor de 25.626 UF (\$880.000.000 CLP) y se reduce la emisión de 1.890.000 g de CO₂ cada 100 kilómetros.

En el caso de un recambio de los vehículos por eléctricos nuevos, utilizando el vehículo eléctrico MG ZS EV (uno de los más accesibles dentro del mercado), con un valor de aproximadamente 757 UF (\$26.000.000 CLP).

El recambio de 100 vehículos eléctricos nuevos genera desperdicio y la eliminación de gran parte de los vehículos en desuso, para reducir la emisión de 18.900 g de CO₂ cada 100 kilómetros y adquirir la flota antes mencionada se requieren 75.713 UF (\$2.600.000.000 CLP).

Se observa una diferencia de 295% en el valor total a favor de la conversión de los vehículos, además de esta considerable diferencia en el costo total, se producen mas desperdicios al adquirir un vehículo nuevo (por el vehículo antiguo retirado de circulación) y no presenta ser una opción más ecológica que la de conversión y reutilización.

6.3.2 Costo global de la propuesta para taxis y colectivos

En otro escenario para 100 vehículos de transporte tipo taxi o colectivo, se utiliza el vehículo Hyundai Accent bajo los mismos supuestos mencionados anteriormente se analiza el impacto que se genera bajo la opción de recambio propuesta por el gobierno y la opción de conversión eléctrica de este proyecto.

Se utiliza el vehículo Hyundai Accent como ejemplo para un buen análisis de conversión de taxis y colectivos (por ser un vehículo muy usado en esta área), su costo de conversión asciende hasta los 299 UF (\$10.284.240 CLP), y contamina 1.460 g de CO₂ cada 100 Km.

El valor total de conversión de los 100 vehículos alcanza los 29.948 UF (\$1.028.424.000 CLP) y reducen la emisión de 146.000 g de CO₂ cada 100 Km.

La opción de recambio se analiza con el vehículo eléctrico MG ZS EV y posee un valor aproximado de 757 UF (\$26.000.000 CLP).

El valor total del cambio de vehículos asciende hasta 75.713 UF (\$2.600.000.000), ya que el vehículo a retirar de circulación es el Accent, en ambos casos se reduce la misma cantidad de material particulado CO₂.

La diferencia entre estas propuestas equivale a un 252%, donde se observa que, en términos de costos y beneficios medioambientales, la opción de conversión es más adecuada y eficiente.

6.4 Impacto, Reducción y Subvención.

La tabla n°3 presenta un resumen del impacto que generan los procedimientos de conversión eléctrica y de recambio automovilístico dentro del parque de 100 vehículos particulares antes analizado.

	Vehiculos Particulares			
Procedimiento	Costo Total [UF]	Reducción de Emisiones [Kg]	Costo Total con Subvención [UF]	Costo por Unidad con Subv.[UF]
Conversión	25626	1890	3.226	32
Recambio	75713	1890	53.313	533

Tabla n°3: Comparativa de los procedimientos de conversión y recambio realizada a 100 vehículos particulares para el costo total, reducción de emisiones CO₂ total cada 100 km, costo de conversión total con subvención aplicada y el costo de esa conversión (con subvención) para cada vehículo individualmente.

Fuente: Elaboración propia.

De la tabla n°3 se concluye que la reducción de emisiones para ambos procedimientos en el caso de vehículos particulares es de 546.210 kg de CO₂ al año, los costos totales se observan significativamente menores para el procedimiento de conversión eléctrica, la subvención de 224 UF que actualmente el gobierno otorga para el procedimiento de recambio automotriz solo cubre un 29,6% del costo total, en cambio la misma subvención aplicada al procedimiento de conversión eléctrica cubre el 87,4% del costo total y el retorno del dinero por unidad se reduce desde 3,71 a 0,64 años, en consecuencia se demuestra claramente la ventaja económica de la práctica de conversión.

La tabla n°4 presenta un resumen para el parque de 100 vehículos tipo taxi y colectivo anteriormente analizado.

	Taxis y Colectivos			
Procedimiento	Costo Total [UF]	Reducción de Emisiones [Kg]	Costo Total con Subvención [UF]	Costo por Unidad con Subv.[UF]
Conversión	29948	146	7.548	75
Recambio	75713	146	53.313	533

Tabla n°4: Comparativa de los procedimientos de conversión y recambio realizada a 100 vehículos tipo taxi y colectivo para el costo total, reducción de emisiones CO₂ total cada 100 km, costo de conversión total con subvención aplicada y el costo de esa conversión (con subvención) para cada vehículo individualmente.

Fuente: Elaboración propia.

De la tabla n°4 se concluye que la reducción de emisiones para ambos procedimientos en el caso de vehículos taxi y colectivo es de 42.194 kg de CO₂ al año (menor que el grupo de vehículos particulares), los costos totales se observan significativamente menores para el procedimiento de conversión eléctrica, la subvención de 224 UF que actualmente el gobierno otorga para el procedimiento de recambio automotriz solo cubre un 29,6% del costo total, en cambio la misma subvención aplicada al procedimiento de conversión eléctrica cubre el 74,8% del costo total y el retorno del dinero por unidad se reduce desde 5,39 a 1,36 años, en consecuencia se demuestra claramente la ventaja económica de la práctica de conversión.

7. Conclusiones

Al analizar y definir el proceso de conversión eléctrica, se logran detallar los cambios eléctricos y mecánicos requeridos para un correcto y seguro proceso de conversión y posterior uso particular o de transporte, de esta manera se logra estandarizar y regular eficientemente todo el proceso de conversión, detallando las dimensiones, alcances y eficiencias de los componentes a cambiar, quedando demostrado una eficiencia energética mayor a la convencional (mejor al motor de combustión interna), un menor costo de mantención, reducción de accidentes en la vía, una extensión en los años de vida del vehículo y costos considerablemente menores en términos de energía suministrada.

Una vez demostradas las trabas legales existentes en Chile, Latinoamérica y algunos países de Europa, el ejemplo que logra Francia e Italia al permitir y normar claramente los proceso de conversión eléctrica para cada tipo de vehículo, facilita regularizar y generar una normativa clara este proceso de conversión con el fin de que otros países incentiven esta práctica, de esta manera se analizaron los mínimos cambios requeridos para permitir su práctica en Chile y junto a estas potencias mundiales den un paso más a un mundo electro sustentable.

Al comparar los costos asociados a la compra de un vehículo nuevo y la conversión de uno antiguo, existe una clara diferencia que favorece a la conversión eléctrica, y en términos sociales, debido al alto valor del combustible, la gran cantidad de contaminación generada, las metas ambiciosas del gobierno y lo requerido por la situación mundial, es necesario realizar un recambio en la flota de vehículos a nivel nacional y debido a los altos costos de los vehículos eléctricos es muy complicado incentivar su compra, por lo que es imperante que exista una

alternativa a bajo costo que permita la reutilización de los vehículos, que no genere desperdicios y que sea de fácil acceso, ante esta situación la conversión eléctrica es la mejor medida disponible, ya que una gran cantidad de vehículos pueden pasar por este proceso, sin importar sus dimensiones, antigüedad ni su tipo, esto le permite ser transversal en la población, pudiendo acceder a esta alternativas familias de altos y bajos recursos, sin la necesidad de una inversión exagerada y que tiene retornos (dependiendo del vehículo) desde los 2,25 años en adelante.

De los grandes beneficios mencionados, cabe destacar la disponibilidad muy amplia en términos de elementos requeridos para la conversión, ya esta demostrada la facilidad de acceso a kits de conversión genéricos y específicos para cada modelo, el costo que incurre una persona particular, el cual varía entre 99 y 291 UF (\$3.400.000 - \$10.000.000 CLP) en promedio al momento de una conversión y su retorno entre los 2,25 y 5,39 años, se reducen considerablemente los accidentes viales y la eliminación de restricciones de tránsito por contaminación.

Entre las debilidades significativas se encuentra el alto costo del banco de baterías (el cual continúa siendo la parte más costosa de un vehículo eléctrico), un aumento en el tiempo de carga (de hasta 8 horas) y la baja disponibilidad de puntos de carga (sin embargo, han ido aumentando en disponibilidad considerablemente los últimos años).

Si bien todos los vehículos contaminan en cantidad y forma distinta dependiendo de sus componentes, capacidades, requerimientos y dimensiones, la industria automotriz es la cuarta industria mundial que mas contaminación genera, es responsable de la generación del 9% de los gases de efecto invernadero, y es imperante reducir estas cifras para generar un cambio en el corto plazo, la conversión eléctrica aporta directamente a la eliminación de estos agentes contaminadores, sin generar una gran cantidad de desperdicios al cambiar de tecnología, en

Chile están detalladas las responsabilidades del productor en términos de reciclaje y almacenamiento de todos los componentes dañinos para el medio ambiente que los productos generan, es debido a esto que todas las fábricas de automóviles deben generar un espacio adecuado para un correcto reciclaje y almacenamiento de sustancias peligrosas asociadas al rubro y en igual medida deben buscar un adecuado reciclaje para las baterías en desuso que generen los nuevos autos eléctricos (al igual que las empresas dedicadas a la venta de dichos bancos de batería), con estos agentes controlados y certificados se puede realizar un eficiente proceso de conversión eléctrica que genere un cambio directo en los hábitos y salud de la población.

Al analizar los rangos de antigüedad de los 4 vehículos ya mencionados, del parque de vehículos medianos y livianos, todo vehículo mayor a 10 años de antigüedad es un potencial candidato eficiente que genera un alto impacto en el medioambiente al momento de ser convertido, en consecuencia, el 37% del parque automotriz (1.628.000 unidades) de vehículos livianos y medios es un potencial candidato y debe ser analizada y fomentada su conversión.

En términos técnicos, legales, medioambientales, económicos y sociales, queda demostrada la efectividad y factibilidad del procedimiento de conversión eléctrica, dentro de la propuesta de política pública se explica el impacto económico y la reducción de emisiones de CO₂ que genera la conversión en comparación con la propuesta actual del gobierno de recambio de automóviles y quedan demostrados los beneficios significativos que genera la conversión eléctrica.

8. Referencias

ANAC. (2019). Asociación Nacional Automotriz de Chile.

Ecorespost. (2018). “Diferencias entre un motor eléctrico versus uno de combustión interna”.

Instituto Nacional de Estadísticas. (2019). “Estadística de tipos de vehículos motorizados en Chile”.

Gorzelani, J. (2019, 19 agosto). Motor1. “¿Como convertir un vehículo de combustión interna a uno eléctrico?”.

Electromov. (2020, 2 enero). “Prohibición de circulación de vehículos convertidos a eléctricos”.

QZ. Michael J. Coren (2019, 25 enero) “Automakers may overproduce 14 million electric cars by 2030”.

QZ. Michael J. Coren (2020, 6 diciembre) “2019 Was the year electric cars grew up”.

Electromov. (2020, 2 enero). “Prohibición de circulación de vehículos convertidos eléctricos”.

Hagerty. Ronnie Schreiber (2019, 01 octubre). “European startup affordable electric car conversions”.

Vehiculoselectricos, (2020, 25 mayo). “¿Donde convertir su vehiculo a electrico en America Latina?”.

Enelx (2019) “Autos eléctricos, el futuro de la electromovilidad en Chile”.

Uchile. Felipe Ramirez (2019, 11 diciembre) “El debate por la conversión de autos antiguos a eléctricos”.

Autolibreelectrico, “Kit de conversión de electromovilidad para automóviles”.

Marshall Brain, (2020) How electric cars work.

CHV. Julio Sanchez (2019, 9 noviembre) Ventajas de convertir un auto a eléctrico.

Enelx, (2020). Mapa de puntos de carga para vehículos eléctricos.

Agencia Europea del Medio Ambiente, (2019). “Hacia una movilidad limpia e inteligente”.

OMS, (2018, 2 mayo). “Nueve de cada diez personas de todo el mundo respiran aire contaminado”

EY (2017). “Crecimiento del parque vehicular”.

Greenpeace (2019). “La huella de carbono de la industria automotriz”.

Montalt (2018, 17 diciembre). ¿Que son los NOx?

ONU Medio Ambiente. Movilidad electrica Latinoamérica y el Caribe(2021). “*Vehiculos electricos de hidrogeno*”.

Marshall Brain (2021, 11 febrero) “*How lithium-ion batteries work*”.

Centro de Información sobre empresas y derechos Humanos (2019, 19 noviembre). “Los efectos negativos de la extracción de litio en el desierto de atacama”.

Diario Financiero. (2020, 30 octubre). “El reciclaje de baterías en Chile, un mercado subóptimo”.

Derichebourg. (2020, 9 diciembre). “El proceso de reciclar baterías de litio”.

Ingeniería y mecánica automotriz. (2020, 9 septiembre). “¿Qué es el convertidor catalítico y cómo funciona?”

Car and driver. J.M. Diaz Olmo (2014, 12 noviembre). “Sistema de almacenamiento de energía”.

Comisión de transporte y telecomunicaciones del Senado de Chile, Nicolás García Bernal. (2019, mayo). “Electromovilidad”.

Ambientum. (2021, 25 junio). “¿Cómo podemos conseguir neutralidad climática?”.

Energy saving trust. (2022, abril). “Clean vehicle retrofit accreditation scheme”.

Treehugger Sustainability for all. David M. Kuchta. (2022, 1 abril). “Best EV Conversion Companies”.

Portal movilidad. Ayelen Portaluppi. (2020, 8 diciembre). “Regulaciones país por país para convertir vehículos de combustión a eléctricos en Latinoamérica”.

Enelx. (2022) “Estaciones de carga residencial”.

Ministerio del Medio Ambiente. (2021). “Ley de responsabilidad del productor”.

Electromov. (2018, 4 diciembre). “Emprendimiento que transforma vehículos clásicos a eléctricos”.

Yclasicos. (2012, 20 octubre). “Ficha técnica Volkswagen Escarabajo”

Veoaautos. (2018, 26 octubre). “Lada Tavra en Chile”.

Elcarro. Oscar Restrepo. (2021, 22 agosto). “Lada y su conversión eléctrica”.

Gutierrez Riveros, Rodrigo Nicolás. (2021). “Conversión de un vehículo de combustión interna a un vehículo eléctrico”.

Elantrie. (2022). Empresa alemana dedicada a la conversión eléctrica de vehículos Lada.

MotorGiga. (2007). Ficha técnica de Hyundai Accent.

Willie McKemie. (2015). “Blue Car Hyundai Accent”.

DIYev, (2022). Empresa de conversión eléctrica a vehículos.

Ministerio de Energía. (2022). “Gobierno presenta un nuevo acuerdo para impulsar la eletromovilidad”.

MarcaChile. (2022, 7 septiembre). “Chile es pionero en Latinoamérica con ambiciosos objetivos de electromovilidad”.

Greenpeace. “Efectos del petróleo en el Medio ambiente”.

Emol, (2021, 31 diciembre). “Valores de vehículos electricos”.

Universidad de Chile, (2022). Investigación y desarrollo

Plataforma de electromovilidad, (2022). “Beneficios de la electromovilidad”

Plataforma de electromovilidad, (2022). “Mantenimiento de vehículos electricos”.

Electromov, (2020, 12 junio). “Nuevos escenarios de riesgo sobre vehículos electricos”

Ministerio de Energía, (2020). “Carbono neutralidad en el sector de energía”.

Portalmovilidad, (2020). “Retrofit Latam”

Portalmovilidad, (2022, 26 enero). “Trabajos y proyectos de retrofit en España”

Rac, (2022, 28 junio). “Electric car conversión”

Interreg Europe, (2018, 16 diciembre). “Retrofit Nacional Decree”.

Europe Autonews, (2021, 25 octubre). “France extends EV incentives”.

Cleantech, (2021, 18 noviembre). “Plug in vehicles, 23% of new car sales in France”.

European Comission, (2020, 13 marzo). “Conditions to electric conversión”.

Gobierno de Chile (2022, 14 septiembre). “Subsidio por rendimiento urbano”