



BARRERAS PARA LA CARGA RESIDENCIAL DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS EN CHILE



Agencia de
Sostenibilidad
Energética

www.agenciase.org

© Agencia de Sostenibilidad Energética

“Barreras para la carga residencial de vehículos eléctricos en Chile” ha sido desarrollado por la Agencia de Sostenibilidad Energética en el marco de las acciones del Equipo de Transporte Eficiente financiado por el Ministerio de Energía de Chile.

Autor:

Rafaella Canessa Figueroa, Agencia de Sostenibilidad Energética
Ignacio Rivas Zeballos, Agencia de Sostenibilidad Energética

Revisión y edición:

Gabriel Guggisberg Alarcón, Agencia de Sostenibilidad Energética
Cristina Victoriano Bugueño, Agencia de Sostenibilidad Energética
Javier Rojas Jeanneret, Agencia de Sostenibilidad Energética
Daniela Soler Lavin, Ministerio de Energía
Gustavo Hunter Sandoval, Superintendencia de Electricidad y Combustibles

Diseño gráfico:

Eduardo Parra Castro, Agencia de Sostenibilidad Energética
Maudie Thompson Cavieres, Independiente

Derechos reservados
Prohibida su reproducción
Febrero, 2021

Resumen Ejecutivo

Las metas de adopción de la electromovilidad en Chile son desafiantes. Se espera que el número de vehículos eléctricos (VE) en circulación aumente considerablemente en los próximos años, y será necesario asegurar su carga.

Los usuarios de VE de Chile y el mundo prefieren cargar el vehículo en su hogar. Por esto, es fundamental identificar con antelación las barreras que existen y existirán para el despliegue de carga residencial, ya que es crucial mitigarlas si queremos fomentar la adopción masiva de VE en el país.

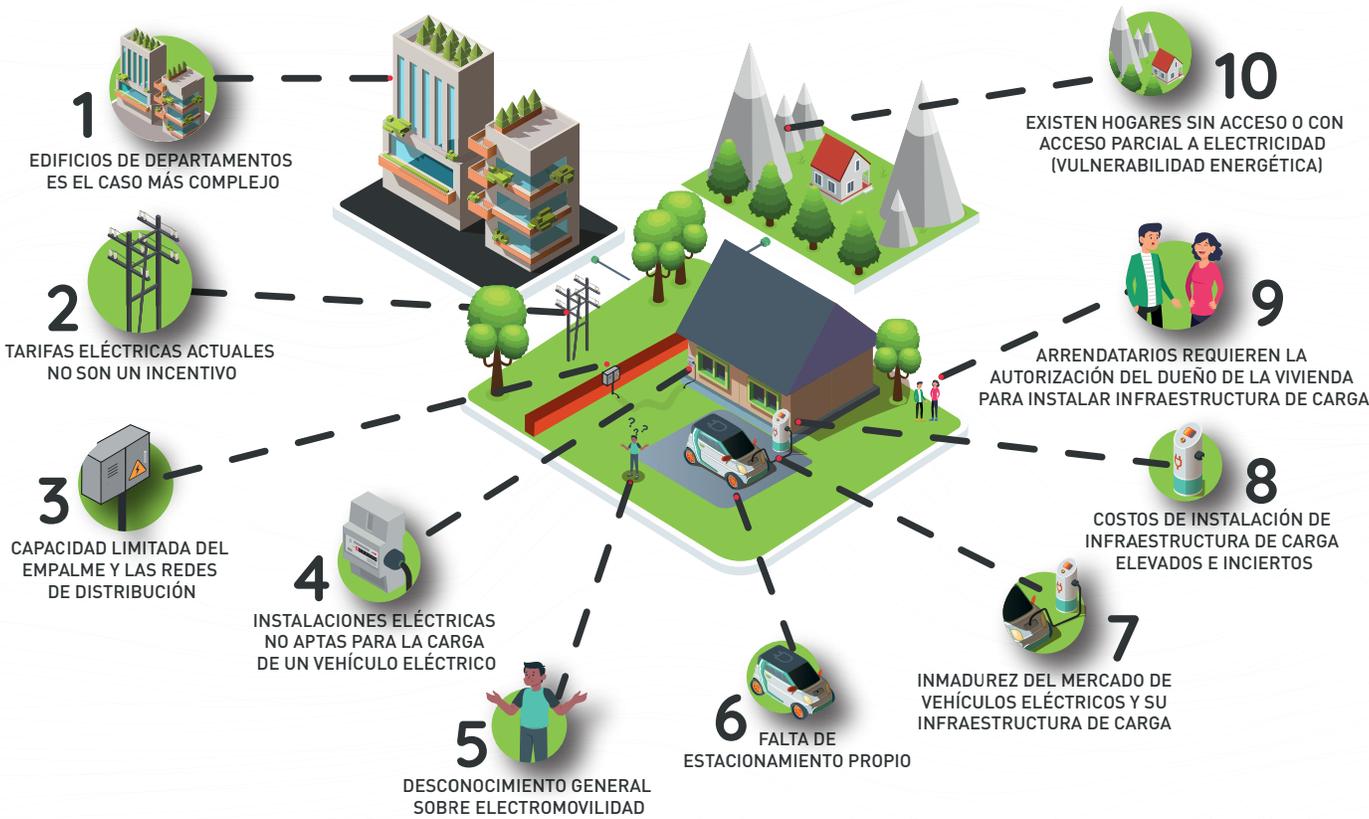
La Agencia de Sostenibilidad Energética lleva a cabo diferentes iniciativas para contribuir al desarrollo de la electromovilidad en Chile. En ese contexto, este estudio busca entender y dimensionar las barreras que existen en el país para que los actuales y futuros usuarios de VE carguen en su hogar. El foco del estudio está en el usuario particular y cómo este percibe las barreras que hemos identificado:

1. **Mercado inmaduro (inmadurez de la oferta):** los usuarios no adquieren VE ni infraestructura de carga (IC) debido a la poca oferta y sus altos costos, mientras que los proveedores no invierten en mejorar su oferta porque no existe la demanda suficiente.
2. **Desconocimiento general (inmadurez de la demanda):** los posibles usuarios de la electromovilidad desconocen la tecnología, pueden tener preconceptos equivocados, y cuentan con un alto grado de incertidumbre para tomar decisiones, desincentivando la adquisición de VE y de IC.
3. **Costos de instalación elevados e inciertos:** el costo de la IC puede ser equivalente al 10% o más del precio del VE, y desde el punto de vista del usuario de vehículos convencionales es un costo adicional. Además, los costos de IC son inciertos porque dependen de las características de la vivienda donde se instale.
4. **Tarifas eléctricas actuales no son un incentivo:** La mayoría de los usuarios residenciales en Chile posee tarifas planas que no discriminan el consumo por horario. También, aunque poco utilizadas, existen tarifas reguladas que sí permitirían capturar la flexibilidad de carga de VE, pero son demasiado sofisticadas para un usuario residencial. Esto implica que las tarifas reguladas actuales no incentivan a aprovechar la flexibilidad de la carga de VE, ni remuneran al cliente por los potenciales servicios al sistema eléctrico.
5. **Instalaciones eléctricas no aptas:** si la vivienda no cuenta con una instalación eléctrica apta para la carga de un VE, el usuario deberá incurrir en costos adicionales para instalar IC.
6. **Falta de estacionamiento propio:** no contar con acceso a un estacionamiento en la vivienda limita significativamente la posibilidad de cargar el vehículo en el hogar.
7. **Arrendatarios:** requieren de autorización del dueño de la vivienda para instalar IC, y no podrán recuperar parte de los costos invertidos cuando el arriendo finalice.
8. **Edificios de departamentos:** reúnen una serie de características que dificultan la carga residencial: la instalación de IC requiere autorización del comité, la administración (u otro) debe medir y cobrar la carga del VE, falta de enchufes en los estacionamientos, entre otras. En definitiva, la solución óptima en edificios requiere un alto grado de coordinación entre los residentes.
9. **Capacidad limitada del empalme y las redes de distribución:** la masificación de VE requerirá aumentos de empalme e inversiones en las redes de distribución. Para el usuario, eventualmente podría implicar limitaciones en la carga del VE y retrasos en solicitudes de nuevos/aumentos de empalmes. Para el sistema, podría implicar incrementos en la tarifa de distribución para financiar las inversiones en las redes eléctricas.
10. **Vulnerabilidad energética:** hogares sin acceso o con acceso parcial a electricidad, viviendas con instalaciones eléctricas insuficientes e inseguras, y altos niveles de endeudamiento en la cuenta de electricidad, tendrán grandes dificultades para realizar carga residencial.

La intensidad de estas barreras dependerá de cada ciudad/barrio/vivienda/usuario en función de sus necesidades de desplazamiento; características económicas, socioculturales y geográficas; características de los VE; capacidad eléctrica; entre otros. En ese sentido, debemos considerar las distintas realidades que existen en Chile. Probablemente, las soluciones que han sido exitosas en otros países pudieran no ser aplicables a todas las realidades de Chile, y ciertos sectores de nuestro país podrían presentar barreras que no han sido abordadas a nivel internacional.

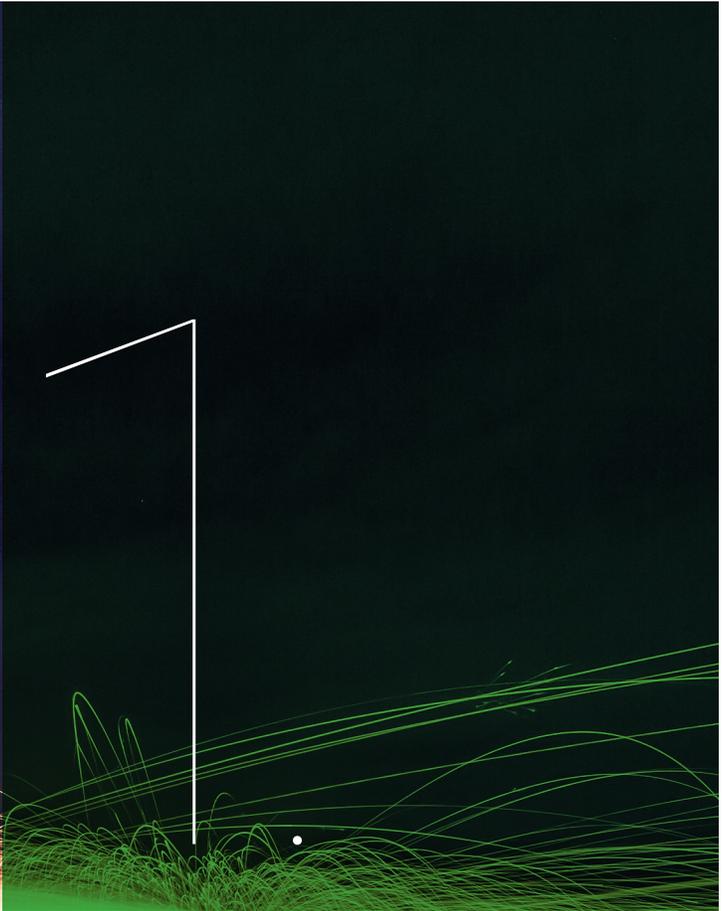
A través de este estudio, buscamos generar información que permita anticiparse a las barreras identificadas y desarrollar/habilitar soluciones a través de políticas públicas, regulación, nuevos modelos de negocio y emprendimientos. Así, el objetivo del estudio es caracterizar y dimensionar el problema, enunciando posibles soluciones sin abordarlas en profundidad. Esperamos que este trabajo motive a los distintos actores del ecosistema de la electromovilidad a buscar soluciones innovadoras a las barreras que aquí se presentan.

BARRERAS PARA LA CARGA RESIDENCIAL DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS EN CHILE



ÍNDICE

Portada	
Resumen Ejecutivo.....	03
Índice.....	05
1. Alcance.....	07
2. Contexto.....	09
3. Radiografía.....	12
3.1 Distribución de Puntos de Carga de acceso público y Vehículos Eléctricos.....	12
3.2 Estimación de penetración de Vehículos Eléctricos.....	14
3.3 Estimación de necesidades de carga por usuario.....	15
3.4 Edificaciones.....	16
3.5 Potencial de carga residencial.....	16
3.6 Zonas aisladas y acceso limitado a la electricidad.....	18
4. Barreras.....	20
4.1 Mercado inmaduro (inmadurez de la oferta).....	21
4.2 Desconocimiento general (inmadurez de la demanda).....	22
4.3 Costos de instalación elevados e inciertos.....	22
4.4 Tarifas eléctricas actuales no son un incentivo.....	23
4.5 Instalaciones eléctricas no aptas.....	24
4.6 Falta de estacionamiento propio.....	24
4.7 Arrendatarios.....	25
4.8 Edificios de departamentos.....	25
4.9 Capacidad limitada del empalme y la red de distribución.....	27
4.10 Vulnerabilidad energética.....	28
5. Palabras finales.....	30
6. Referencias.....	32
Anexo A. Glosario.....	35
Anexo B. Detalles de metodologías y supuestos.....	36



1. Alcance

1. Alcance

Dentro de la Agencia de Sostenibilidad Energética se llevan a cabo diferentes estudios para contribuir al desarrollo de la electromovilidad en Chile. En ese contexto, este estudio busca entender y dimensionar las barreras que existen en el país para que los actuales y futuros usuarios de vehículos eléctricos (VE) carguen el vehículo en su hogar. El identificar y disminuir estas barreras, es un paso fundamental si se quiere acelerar la adopción de la electromovilidad, ya que gran parte de la carga se realiza en el hogar¹. A través de este estudio, buscamos generar información que permita anticiparse a estas barreras y desarrollar/habilitar soluciones a través de políticas públicas, regulación, nuevos modelos de negocio y emprendimientos. Así, el objetivo del estudio es caracterizar y dimensionar el problema, enunciando posibles soluciones sin abordarlas en profundidad.

El foco del estudio está en el usuario particular, y cómo este percibe las barreras. Por lo tanto, si existiesen barreras al nivel de redes de distribución, este estudio las aborda desde el punto de vista del usuario (e.g. mayores tiempos para contratar un empalme) y no desde el punto de vista de la distribuidora. Además, como el foco es el usuario particular, dejamos fuera del alcance a flotas comerciales, transporte público, sector industrial y otros tipos de usuarios. Por otro lado, nos concentramos en las edificaciones existentes ya que la experiencia internacional muestra que es donde se concentran las mayores barreras (Peterson, 2011; City of North Vancouver, 2018). Para las edificaciones nuevas existen una serie de acciones que el regulador y el sector inmobiliario pueden abordar².

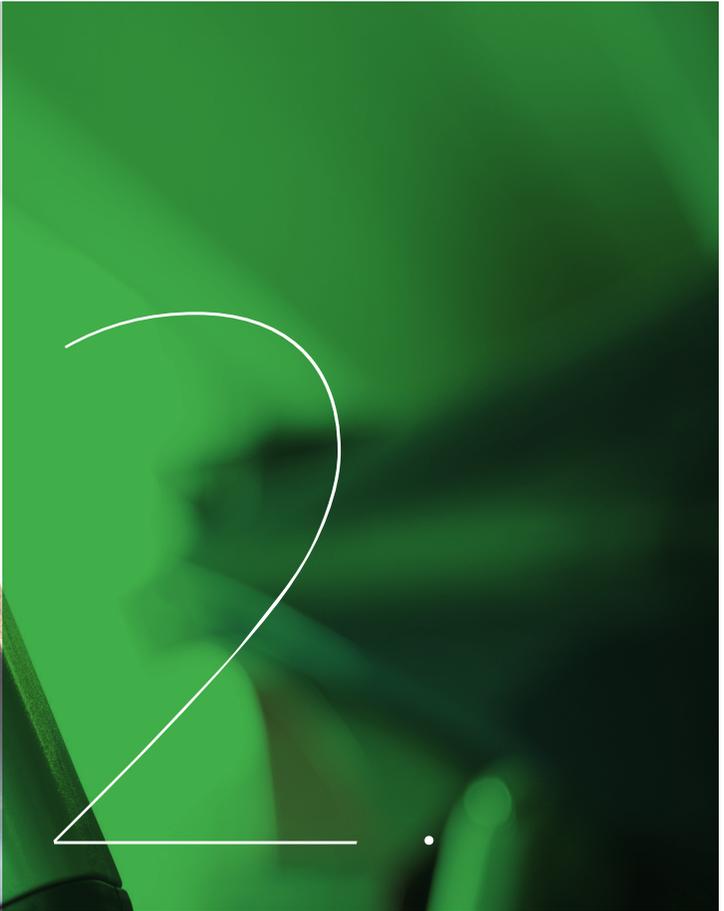
Durante el estudio realizamos 23 entrevistas a usuarios de VE, expertos del sector público, sector privado, la academia y la sociedad civil; y a profesionales de distintas áreas tales como: urbanismo, energía, transporte, instaladores, desarrolladores de negocios, entre otros. Los resultados de las entrevistas fueron complementados con el conocimiento que tenemos como Agencia y con una exhaustiva revisión bibliográfica de la experiencia internacional.

Finalmente, nos dimos la licencia de escribir este reporte en primera persona y en un lenguaje simple y directo. Nuestra intención es que la lectura sea lo más amigable posible. Asimismo, intentamos balancear la tensión entre lo completo y conciso del reporte. Hay temas adicionales que podríamos haber incluido pero, priorizando un reporte conciso, los dejamos fuera del alcance.

Esperamos que este trabajo motive a los distintos actores del ecosistema de la electromovilidad a buscar soluciones innovadoras a las barreras que aquí se presentan.

.....

1 La experiencia internacional muestra que la proporción de carga residencial varía entre el 50% y el 80% (Hardman, y otros, 2018).
 2 Para más detalles se pueden consultar las siguientes referencias: (Department for Transport, 2019; Hall & Lutsey, 2020).



2. Contexto

2. Contexto

Chile busca la carbono-neutralidad al año 2050, y para alcanzar esta meta, descarbonizar el transporte es condición necesaria. La electromovilidad aparece como una de las acciones fundamentales para un transporte bajo en emisiones, aunque debe complementarse con acciones adicionales³. En particular, Chile tiene como meta que al 2050 el 40% de los vehículos particulares sean eléctricos (Ministerio de Energía, 2017). Vale la pena preguntarse entonces, cuáles son las implicancias de esta política y cuáles son las barreras que existen para alcanzarla.

La experiencia internacional muestra que entre el 50% y el 80% de la carga de VE se realiza en el hogar. En menor proporción, aparecen la carga en el trabajo (entre 15% y 25%), y la carga de acceso público (menor al 10%) (Hardman, y otros, 2018). Lo anterior, es un cambio de paradigma respecto a la carga de vehículos particulares pues mientras que para los vehículos convencionales (VC) casi el 100% de la carga ocurre en lugares de acceso público (i.e. “bombas de bencina”), para los VE ese tipo de carga es ocasional. Por lo tanto, la carga en el hogar es fundamental si queremos electrificar el parque vehicular.

Los usuarios de VE, tanto a nivel internacional como los nacionales que entrevistamos, prefieren la carga en el hogar por varias razones. Aquí mencionamos las cuatro principales. Primero, el costo de electricidad de cargar en el hogar es menor con respecto a una estación operada por un tercero (Connected Kerb, 2020). Segundo, la carga en el hogar es más conveniente, ya que el vehículo está disponible para cargar mientras se encuentra estacionado en la residencia, sin perturbar los hábitos del usuario. Tercero, la gran cantidad de horas que permanece estacionado el VE en el hogar permite la “carga lenta”, la cual es recomendada por los fabricantes de VE para prolongar la vida útil de la batería. Finalmente, los cargadores ubicados fuera del hogar no siempre serán compatibles con el VE del usuario. De esta forma, la imposibilidad de acceder a la carga residencial es una barrera enorme para la electromovilidad, y varias encuestas la mencionan como el principal factor a la hora de tomar la decisión de comprar un VE (Connected Kerb, 2020; Hardman, y otros, 2018).

Dicho lo anterior, la carga residencial es fundamental pero no suficiente. A pesar de que la carga de acceso público se usa en menor medida, es indispensable para viajes interurbanos, vehículos que recorren una gran cantidad de kilómetros al día, y usuarios sin posibilidad de cargar en el hogar⁴. Más aún, varios estudios muestran que el despliegue de carga de acceso público da confianza a los usuarios⁵, y fomenta la compra de VE (Hall & Lutsey, 2017). De todas maneras, se le recuerda al lector que la carga de acceso público está fuera del alcance de este estudio.

Si nos adentramos en la carga residencial, observamos que no existe una solución única. El usuario, al momento de decidir cómo cargará su vehículo en el hogar, deberá analizar entre varias alternativas: la ubicación del cargador, el modo de carga, la potencia, si el cargador incluye características “inteligentes”⁶, y las implicancias que tienen estas decisiones en la necesidad de modificar la instalación eléctrica del hogar (e.g. aumentar el empalme eléctrico o contratar uno nuevo).

En algunas ciudades del mundo se han generado métricas para cuantificar el número de viviendas con potencial de carga residencial. Estas métricas, básicamente se construyen a partir de la disponibilidad de estacionamiento privado en la vivienda (Fox-Penner, Ren, & Jermain, 2019). En ese sentido, las ciudades con bajo potencial de carga en el hogar (e.g. Beijing, China) deben construir una infraestructura de carga (IC) pública más robusta, mientras que las ciudades con alto potencial (e.g. Los Ángeles, EE.UU.) tienen una menor cantidad de puntos de carga de acceso público por número de vehículos eléctricos (Hall & Lutsey, 2017). Discutimos en más detalle esta relación en la sección 3.1.

La importancia de la carga residencial depende de las particularidades de cada país/ciudad/barrio/vivienda. Las características y temporalidad en que se requiere este tipo de carga dependerán de factores económicos, urbanos, socioculturales, geográficos, mercado de VE, edificaciones, comportamiento del usuario, entre otros. En ese sentido, debemos considerar las distintas realidades que existen en Chile. Probablemente la experiencia de países como EE.UU. y Noruega nos entregue herramientas para abordar la carga residencial en viviendas de ingresos altos, sin embargo, es posible que la experiencia internacional sea mucho más limitada para las características de viviendas de ingresos medio y bajo de Chile.

3 La electromovilidad debe conjugarse con políticas complementarias que fomenten medios de transporte más sustentables, y reconozcan la interacción sociedad-ciudad-transporte-energía. La publicación “Enhancing Climate Ambition in Transport” recomienda seis políticas de descarbonización para el transporte reconociendo esta interacción (Vieweg, Bongardt, & Taeger, 2020).

4 Ya sea porque no es factible (e.g. no cuentan con estacionamiento privado), o porque la solución tiene altos costos (e.g. modificaciones eléctricas en el hogar considerables).

5 Al existir mayor cantidad de estaciones de carga de acceso público, los usuarios perciben menores riesgos de no poder llegar a su destino por falta de carga.

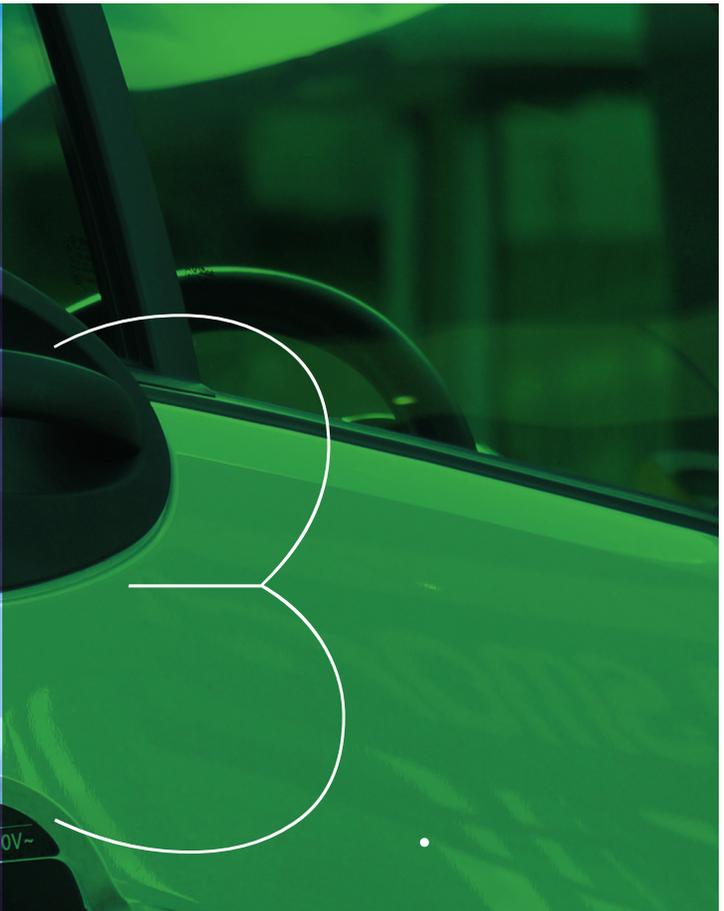
6 Por ejemplo: gestión de carga, medición de energía, conexión a internet, entre otros.



Parte de la motivación de este estudio es tratar de caracterizar y dimensionar las barreras para la carga residencial tomando en cuenta las características de Chile y su diversidad. De esta manera, la pregunta que guía nuestro estudio es:

¿Qué barreras para la carga residencial en Chile podrían desacelerar la adopción de la electromovilidad?

Ciertamente, en este informe no pretendemos hacer predicciones y nos hacemos cargo del gran nivel de incertidumbre que implica proyectar barreras hacia el futuro. Por ejemplo, en el Londres de fines del siglo XIX, uno de los principales problemas urbanos era la gran cantidad de excremento de caballo en las calles. Se proyectaba que las calles estarían inundadas de excremento (metros de heces se llegó a pronosticar) debido al crecimiento de las ciudades. Sin embargo, ese problema sin aparente solución desapareció “mágicamente” con la aparición del automóvil (Davies, 2004). Entonces, la importancia que le asignamos hoy a la carga residencial, basado en el ejemplo anterior, podría cambiar. Especialmente, tomando en cuenta el impacto que ha tenido el COVID-19 en la movilidad, y tendencias como vehículos autónomos y movilidad compartida que podrían cambiar el concepto del vehículo particular. No obstante, tampoco podemos quedarnos de brazos cruzados esperando que alguna disrupción “mágica” elimine las barreras. Con la información recopilada hasta el momento, es importante hacernos cargo de las barreras identificadas en este informe, ya que podrían desacelerar el impulso de la electromovilidad en Chile.



3. Radiografía

3. Radiografía	12
3.1 Distribución de Puntos de Carga de acceso público y Vehículos Eléctricos	12
3.2 Estimación de penetración de Vehículos Eléctricos	14
3.3 Estimación de necesidades de carga por usuario	15
3.4 Edificaciones	16
3.5 Potencial de carga residencial	16
3.6 Zonas aisladas y acceso limitado a la electricidad	18

3. Radiografía

En esta sección buscamos mostrar el panorama actual del país en función de algunos aspectos relevantes para el despliegue de IC residencial y la adopción masiva de la electromovilidad.

Chile es un país diverso. Las distintas realidades a lo largo de nuestro territorio podrán ser diferentes a las de aquellos países con mayor experiencia en electromovilidad (como Noruega, China, EEUU, Japón o Alemania). Adicionalmente, la percepción de la intensidad de las barreras será variable para los usuarios dentro del país dependiendo de la comuna en que residen, sus necesidades de desplazamiento diario, la capacidad eléctrica de la vivienda, entre otros factores. Las siguientes subsecciones profundizan en los aspectos relevantes para la carga residencial.

3.1 Distribución de Puntos de Carga de acceso público y Vehículos Eléctricos

La carga residencial es fundamental pero no suficiente. A pesar de que los usuarios prefieren cargar en el hogar, la carga de acceso público es indispensable para viajes interurbanos, vehículos que recorren una gran cantidad de kilómetros al día, y usuarios sin posibilidad de cargar en su vivienda.

En Chile actualmente existen 261 puntos de carga (PC) de acceso público (SEC, 2020c). Al analizar su distribución (ver Figura 1) es posible notar que se concentran en la Región Metropolitana (más del 51% del total nacional de PC de acceso público), y particularmente en las comunas del sector nororiente de Santiago⁷ donde se concentra el 31% de los PC de acceso público de Chile (SEC, 2020c). No obstante, al diferenciar los PC entre AC y DC⁸ vemos que las distribuciones son distintas y marcan dos modelos de carga. Por un lado, los PC-AC tienden a concentrarse en pocas comunas mientras que los PC-DC se distribuyen de manera más amplia geográficamente. Esta distribución espacial, se debe a que los PC-AC se utilizan principalmente en lugares donde el VE estará estacionado una o más horas (i.e. carga de destino), y por lo tanto, no requieren un nivel de carga particularmente rápido⁹. En contrapartida, varios de los PC-DC están instalados en estaciones de servicio (electrolineras), cuyo modelo más tradicional (y más parecido al concepto de carga de VC y gasolineras) consiste en cargar el vehículo en el menor tiempo posible. Los PC-DC instalados en estaciones de servicio se distribuyen en el país por un mayor número de comunas para entregar conectividad, tal como indica la literatura internacional (Gilman, 2020).

DISTRIBUCIÓN DE VEHÍCULOS (VCs Y VEs) Y PUNTOS DE CARGA DE ACCESO PÚBLICO EN CHILE.

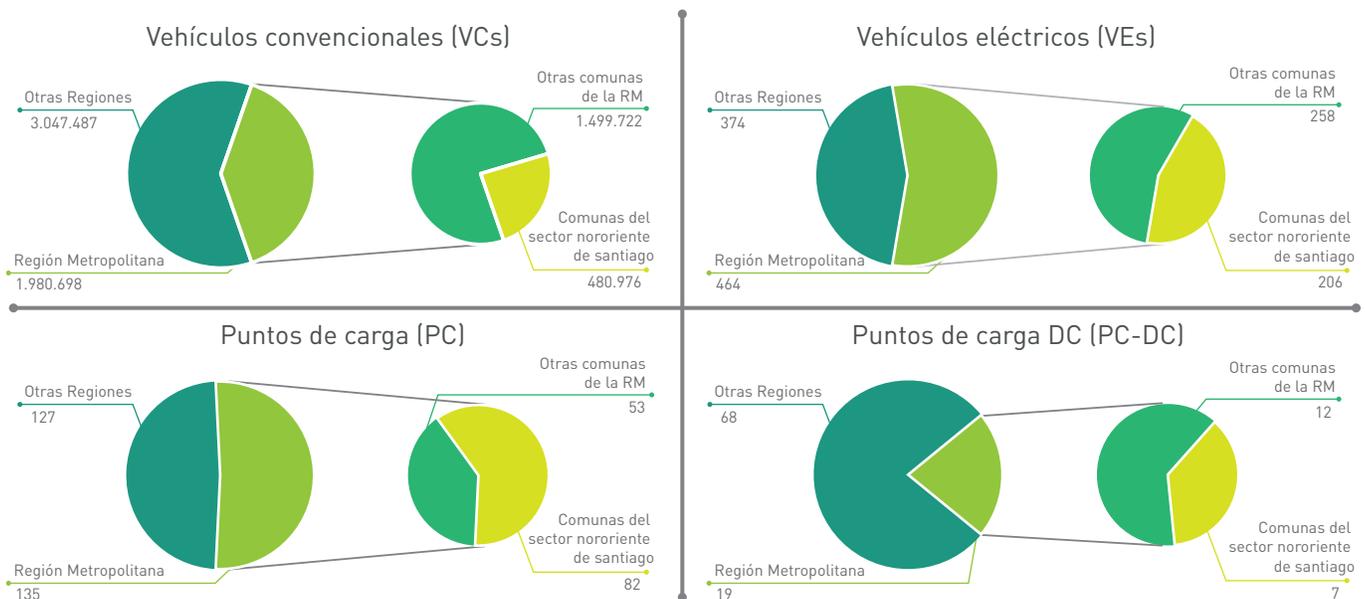


Figura 1: Distribución de PC de acceso público y vehículos en Chile, elaboración propia a partir de SEC (2020c) y (2020b).

7 Providencia, Las Condes, La Reina, Ñuñoa, Vitacura y Lo Barnechea.
 8 Algunos cargadores son capaces de cargar en AC y DC, por lo que la suma entre PC-DC y PC-AC será mayor al número PC.
 9 Esto corresponde a un nuevo modelo de carga, ya que tradicionalmente, los VC no se cargan en estacionamientos ni en el hogar.



Los VE, al igual que los PC, se concentran en la Región Metropolitana, y en particular, en el sector nororiente (concentración que no ocurre en el caso de los VC, ver Figura 1). De esta manera, la experiencia del país en IC y VE particulares se ha dado mayoritariamente en los sectores de mayores ingresos. Sin embargo, a medida que la electromovilidad se masifique, llegará a sectores con características distintas a las de la zona nororiente de Santiago.

A nivel internacional, el indicador más utilizado para comparar el despliegue de IC de acceso público entre países/ciudades es la razón entre el número de vehículos y puntos de carga (VE/PC). De acuerdo a este indicador, en Chile existen 3 VE por PC (ANAC, 2020; SEC, 2020c)¹⁰, similar a países como Holanda (4 VE/PC),

Polonia (4 VE/PC) y Alemania (5 VE/PC). De esta manera, Chile se encuentra entre los países donde existe mayor disponibilidad de cargadores de acceso público por VE. En el otro extremo, están EE.UU. (17 VE/PC) y Noruega (19 VE/PC) (Funke, Sprei, Gnann, & Plötz, 2019). Este indicador por sí solo no entrega muchos datos. Por ejemplo, los dos países con mayor participación de VE en el mercado, es decir Noruega (55,9%) y Holanda (15,1%) (IEA, 2020), tienen valores de VE por PC muy disímiles (19 VE/PC y 4 VE/PC respectivamente). Por esto, el indicador VE/PC tiene más significado cuando se combina con la factibilidad de cargar el vehículo en el hogar. La razón es que existe una relación entre ambos, ya que se requiere una mayor red de carga de acceso público en lugares donde los usuarios tienen pocas posibilidades de cargar en el hogar y viceversa.

RELACIÓN ENTRE POTENCIAL DE CARGA RESIDENCIAL Y CARGA DE ACCESO PÚBLICO

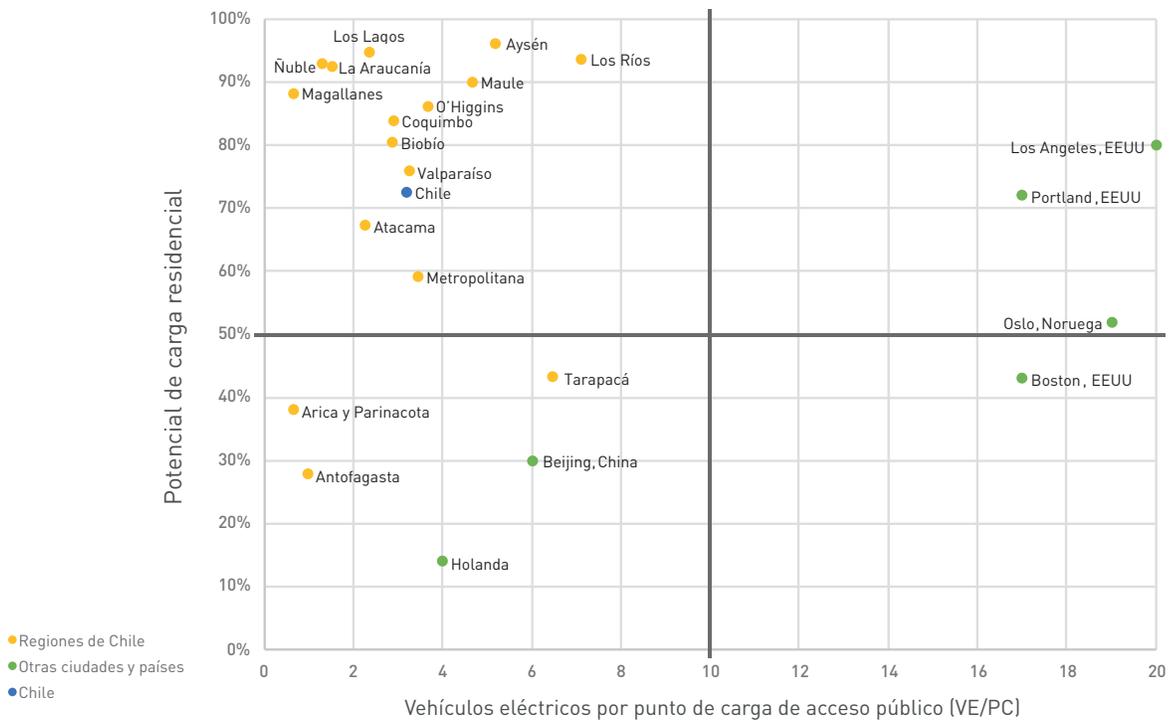


Figura 2: Relación entre potencial de carga residencial y carga de acceso público. Elaboración propia a partir de (INE, 2017; Funke, Sprei, Gnann, & Plötz, 2019; Fox-Penner, Ren, & Jermain, 2019; INE, 2020b; SEC, 2020c).

10 Los datos omiten PC que podrían estar fuera de servicio, y otras limitaciones (e.g. incompatibilidad de conectores, dificultad para acceder al cargador), por lo que la oferta estimada de carga pública es teórica y en la práctica sería menor.

Al comparar el despliegue de carga de acceso público, considerando tanto el potencial de carga residencial (indicador que abordamos en profundidad en la sección 3.5) y el indicador VE/PC en la Figura 2, vemos que Portland, Los Ángeles y Oslo se encuentran en el grupo de mayor potencial de carga residencial, y por lo tanto, requieren menos PC de acceso público. Por otro lado, Beijing y Holanda requieren un mayor despliegue de carga pública, dado que sus posibilidades de carga residencial son más limitadas. Es interesante observar que Chile (y la mayoría de sus regiones individualmente) se ubica en un cuadrante distinto al resto, en el cual existe un alto potencial de carga en el hogar, y al mismo tiempo, una alta disponibilidad de puntos de carga pública por vehículo.

Sin embargo, dada la baja cantidad de VE en circulación, el indicador VE/PC puede cambiar radicalmente en poco tiempo.

Por ejemplo, un aumento significativo en la venta de VE haría que la cantidad de PC de acceso público fuera insuficiente, y mitigar esta situación puede tomar varios meses/años (considerando los permisos que requiere la implementación de IC). Tomando la precaución anterior, Chile está en buena posición porque tiene alto potencial de carga residencial, y hasta ahora, el mercado se ha adelantado a la demanda en cuanto a IC de acceso público. A medida que evolucione el mercado, esperaríamos que las regiones del país que actualmente se ubican en el cuadrante de arriba a la izquierda se vayan moviendo hacia el cuadrante de arriba a la derecha. Y las que están en el cuadrante abajo a la izquierda

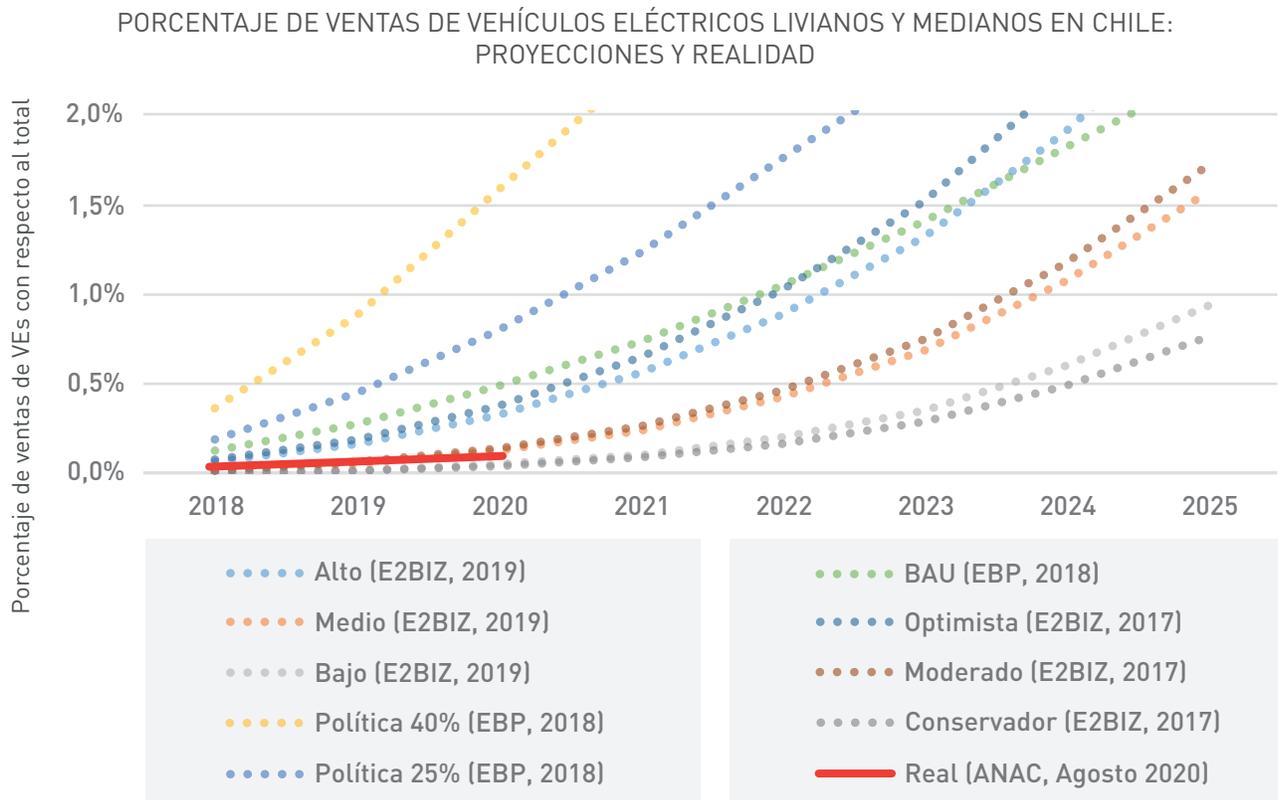
tendrían que quedarse en ese cuadrante, ya que deben contar una oferta de PC fuerte por VE.

Finalmente, es posible decir que hoy, en promedio, existe una oferta de carga de acceso público suficiente para los VE que circulan, y que el despliegue de carga pública ha ido más rápido que la demanda. Sin embargo, a pesar de que actualmente la oferta de carga pública no parece ser una barrera para la penetración de VE, si se quiere alcanzar un 40% de VE particulares al 2050 (hoy esa cifra es menor a 0,03%) se requerirá aumentar significativamente la red de carga de acceso público.

3.2 Estimación de penetración de Vehículos Eléctricos

Desde el año 2005 hasta agosto del 2020 se habían vendido 838 VE¹¹ y la participación de los VE en el mercado anual es de 0,081% hasta agosto del 2020 (ANAC, 2020). Lo anterior, pandemia mediante, todavía es una cifra pequeña, aunque en línea con las estimaciones más conservadoras de penetración de VE (ver Figura 3).

Esto implica que para cumplir la meta país (40% de VE al 2050), la penetración de VE deberá crecer significativamente en el futuro, y considerar cómo se cargarán estos vehículos, las barreras para la carga residencial y el despliegue de una red de carga de acceso público robusta.



¹¹ Considerando vehículos eléctricos enchufables livianos y medianos, y excluyendo buses de transporte público.
¹² Las series están construidas a partir de tres informes de acceso público, más detalle en Anexo B.



3.3 Estimación de necesidades de carga por usuario

Las necesidades de carga de un VE están asociadas a distintos factores: la capacidad de la batería del vehículo, su rendimiento (km/kWh), el tiempo disponible para la carga, las necesidades de desplazamiento del usuario (kilómetros a recorrer), entre otros. Al considerar la posibilidad de carga residencial, además, se debe tener en cuenta que la potencia eléctrica disponible en la vivienda sea suficiente para satisfacer las necesidades de carga del VE.

De manera de estimar los requerimientos de carga de un VE¹³, consideramos las características del Nissan Leaf¹⁴ y un tiempo disponible para la carga de 8 horas (carga nocturna entre 23:00 y 7:00 hrs). Luego, determinamos la potencia promedio a la que debería ser cargada la batería del VE (en esas 8 horas) para 3 casos de desplazamiento:

1) Caso bajo: se busca satisfacer la carga para un día promedio de un usuario promedio¹⁵. Consideramos 18 km diarios suponiendo un viaje ida y vuelta al trabajo, en línea con los datos para el Gran Santiago (Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones, 2015). Este caso requiere cargar a una potencia promedio de al menos 0,5 kW.

2) Caso medio: se busca satisfacer la carga para los días de alto uso de un usuario promedio. Consideramos que adicionalmente al viaje de ida y vuelta al trabajo, el usuario se traslada al supermercado y visita a un familiar, recorriendo en total 84 km. Este caso requiere cargar a una potencia promedio de al menos 2,3 kW.

3) Caso alto: Se busca satisfacer la carga de un usuario de alto recorrido. Considerando un vehículo que recorre 200 km diarios. Este caso requiere cargar a una potencia promedio de al menos 5 kW.

Considerando que la carga del VE consuma toda la holgura de potencia disponible en el empalme del hogar, estimamos cuántos clientes eléctricos residenciales cuentan con una potencia de empalme suficiente para satisfacer esta demanda y además el consumo base existente del hogar (ver Figura 4).

Las estimaciones anteriores no buscan alcanzar un gran nivel de precisión, sino que entregar órdenes de magnitud. A nuestro parecer, el escenario más realista corresponde al caso medio, para el cual más del 60% de los clientes contaría con un empalme con potencia suficiente¹⁶. Más aún, gran parte de los usuarios podrían satisfacer sus necesidades de carga (casi todos los días) a través de un enchufe convencional¹⁷, y sin necesidad de instalar IC dedicada de mayor capacidad. Lo anterior, es coherente con la experiencia internacional que muestra que gran parte de los usuarios carga su vehículo a través de un enchufe tradicional (City of Richmond, 2020)¹⁸.

NECESIDAD DE AUMENTO DE EMPALME DEL CLIENTE SEGÚN KILOMETROS RECORRIDOS AL DÍA

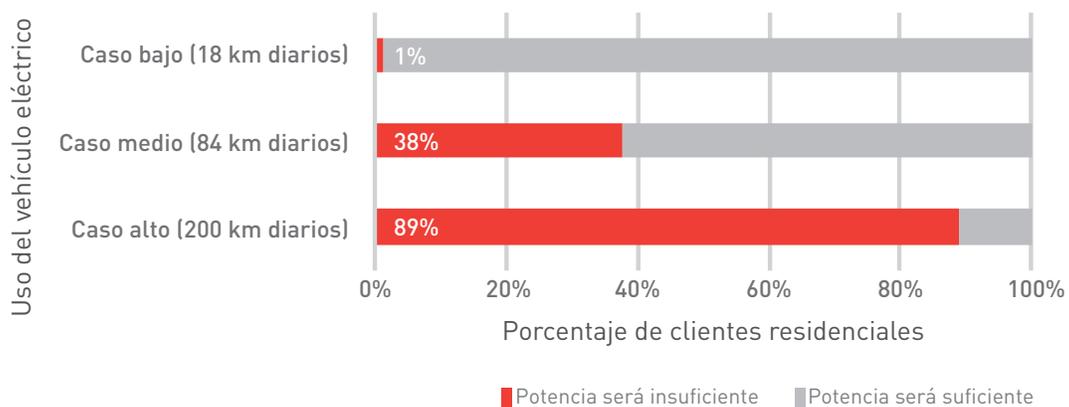


Figura 4: Necesidad de aumento de empalme de clientes residenciales según kilómetros recorridos al día. Elaboración propia a partir de SEC (2020b).

13 Los detalles de la metodología y supuestos se presentan en el Anexo B.

14 También se realizaron los cálculos con los modelos BMW i3 120Ah y Hyundai Ionic, con resultados similares al Nissan Leaf ZE1 (modelo 2018).

15 Este es un caso peligroso para el diseño de política pública, porque el promedio por sí solo esconde mucha información (Nicanor Parra lo expresa bien en la frase: "Hay dos panes. Usted se come dos. Yo ninguno. Consumo promedio: un pan por persona"). La expectativa del usuario es poder completar la carga incluidos los días de la semana en que se recorren más kilómetros del promedio.

16 Es posible que a pesar de que el empalme tenga capacidad suficiente para cargar el VE, no exista holgura de capacidad en la vivienda para la carga residencial. De todas maneras, los análisis de esta sección consideran un consumo base. Para mayor detalle consultar Anexo B.

17 Enchufe de 10 A y a través de un cable con protecciones incluidas (modo 2).

18 Además, la experiencia internacional sugiere que los primeros usuarios (early adopters) de VE tendrían mayor disposición a instalar IC dedicada en su hogar, sin embargo, a medida que la tecnología se masifica, los usuarios convencionales serían más sensibles a las barreras de carga residencial.

Los resultados anteriores asumen cierto análisis racional por parte de los usuarios, no obstante, estos no necesariamente toman sus decisiones a partir de un análisis tecno-económico. El número de usuarios para los cuales la potencia contratada será insuficiente podría incluso ser mayor, si consideramos usuarios que sobredimensionan su necesidad de carga más allá de la “decisión racional” o por aquellos que quieran pagar por tener la opción de cargar rápido (a mayores potencias) en su hogar, aunque no lo necesiten.

Finalmente, aunque las estimaciones anteriores consideraron el consumo energético base del hogar, existirán usuarios con consumos energéticos altos con respecto al tamaño de su empalme, que no tendrán suficiente holgura de capacidad para cargar el VE (más detalles en la sección 4.9).

3.4 Edificaciones

En Chile existen 6.486.533 viviendas¹⁹ (INE, 2017), de las cuales 82% son casas, 16% departamentos y 2% corresponden a otro tipo de viviendas (Ministerio de Desarrollo Social y Familia, 2017). Si bien la implementación de IC en casas y departamentos tiene distintas complejidades (ver secciones 4.6 y 4.8), en ambos casos es fundamental evaluar si la instalación eléctrica está preparada para implementar IC de VE, lo que básicamente depende de:

1. Que exista holgura de capacidad para instalar IC (ver sección 4.9).
2. Que la instalación eléctrica existente cumpla con la normativa.
3. (En el caso de carga modo 2) Que exista un enchufe en el estacionamiento (ver sección 4.5).

Con respecto al segundo punto no existen estadísticas. Una aproximación para estimar este número, es considerar que las viviendas construidas previo a la normativa eléctrica actual probablemente están fuera de norma²⁰. De esta manera, más del 68% de las viviendas a nivel nacional podrían no cumplir con la normativa eléctrica actual (ver Figura 5).

Sin embargo, el hecho de que una vivienda se encuentre fuera de norma no necesariamente implica que sus instalaciones sean inseguras, pero si es un indicador del número de hogares que requerirá modificaciones si desearan cargar un VE, debido a que las normativas solicitan cada vez más exigencias.

Los expertos que entrevistamos coinciden en que regular las instalaciones eléctricas en viviendas existentes es complejo. En nuestro país existe poca cultura de declarar modificaciones en las instalaciones eléctricas domiciliarias, y poca fiscalización al respecto. Además, desde un punto de vista práctico, normalizar una instalación antigua no sólo implica cambiar el tablero y/o las protecciones. Sino que basta con que una canalización no cumpla la normativa para que toda la instalación esté fuera de norma.

3.5 Potencial de carga residencial

La posibilidad de cargar el VE en el hogar depende fundamentalmente de dos factores: 1) La disponibilidad de un estacionamiento privado en la vivienda, 2) la factibilidad de implementar IC a un precio razonable. Ambos factores se abordan en mayor detalle en las secciones 4.6 y 4.3, respectivamente.

ESTIMACIÓN DEL NÚMERO DE VIVIENDAS QUE PODRÍAN ESTAR FUERA DE NORMA ELÉCTRICA.

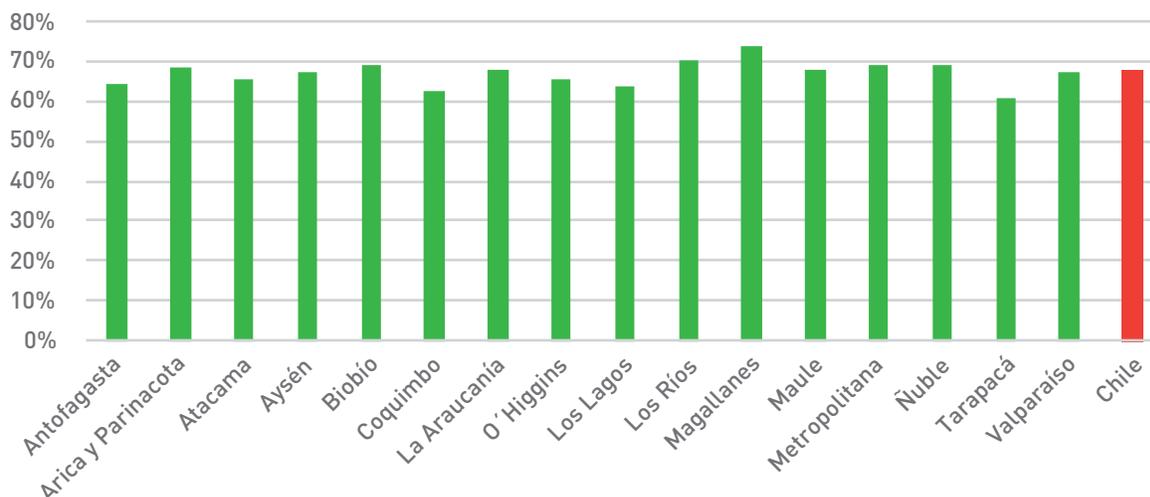


Figura 5: Estimación de viviendas que podrían estar fuera de normativa eléctrica por región. Elaboración propia a partir de INE (2017).

¹⁹ No se consideran las viviendas colectivas.

²⁰ Este supuesto fue validado por expertos del sector energético.



De manera de cuantificar los usuarios que podrían cargar un vehículo en su hogar (y cuántos no), es que se construye el indicador potencial de carga residencial. Los esfuerzos a nivel internacional para construir este indicador se han enfocado en la disponibilidad de estacionamiento privado en la vivienda (Funke, Sprei, Gnann, & Plötz, 2019), ya que se considera como la limitación más difícil de resolver. Es decir, si bien una casa sin una instalación eléctrica adecuada para la carga del VE es una barrera, esto se puede solucionar modificando la instalación. Sin embargo, es bastante más difícil “instalar” un estacionamiento en una vivienda donde probablemente no existe espacio para ello (profundizamos en esta barrera en la sección 4.6).

Construir el indicador de potencial de carga residencial con precisión es un desafío, debido a que no existe un registro formal de la cantidad de estacionamientos existentes en Chile. En otros países, donde tampoco existe información sobre la cantidad de estacionamientos, se han utilizado metodologías alternativas para determinar el potencial de carga residencial. La más común consiste en realizar supuestos sobre la cantidad de estacionamientos a partir del tipo de vivienda, es decir, si la vivienda es aislada, pareada por un lado, o por ambos (Funke, Sprei, Gnann, & Plötz, 2019)²¹.

Usando una aproximación similar para el caso chileno, consideramos que existe una alta probabilidad de que las casas aisladas (no pareadas) y semi-pareadas (pareadas por un lado) posean estacionamiento. Incluso, parecería ser que una gran cantidad de

casas en fila (pareadas por ambos lados) también poseen estacionamiento, pero debido a la incertidumbre de este caso preferimos ser conservadores y considerar que es poco probable que cuenten con estacionamiento propio. Finalmente, consideramos que los edificios de departamentos tienen un bajo potencial de carga, debido a las dificultades abordadas en la sección 4.8.

De esta forma, usamos la proporción por tipo de viviendas obtenidas a partir de la base de datos de hogares de la Casen 2017 proyectados sobre el número de viviendas del Censo 2017²², como una aproximación para estimar el potencial de carga residencial en Chile²³.

A nivel nacional, el potencial de carga residencial es de 73%, sin embargo, el porcentaje varía dependiendo de la comuna (ver en Figura 6). En particular, entre las 20 comunas con mayor población destaca el bajo potencial de la comuna de Santiago, lo que es coherente con la literatura internacional que sugiere que los centros de las ciudades tienen poco potencial de carga residencial (Funke, Sprei, Gnann, & Plötz, 2019)²⁴.

Finalmente, el promedio de potencial de carga residencial en Chile es bastante alto si se compara con Holanda (14%), y es similar al de países con alto potencial como Noruega (58%) y EE.UU. (62%) (Funke, Sprei, Gnann, & Plötz, 2019). La sección 3.1 realiza un análisis sobre la relación entre el potencial de carga residencial y la disponibilidad de PC de acceso público.

POTENCIAL DE CARGA RESIDENCIAL PARA LAS 20 COMUNAS MÁS POBLADAS DE CHILE.

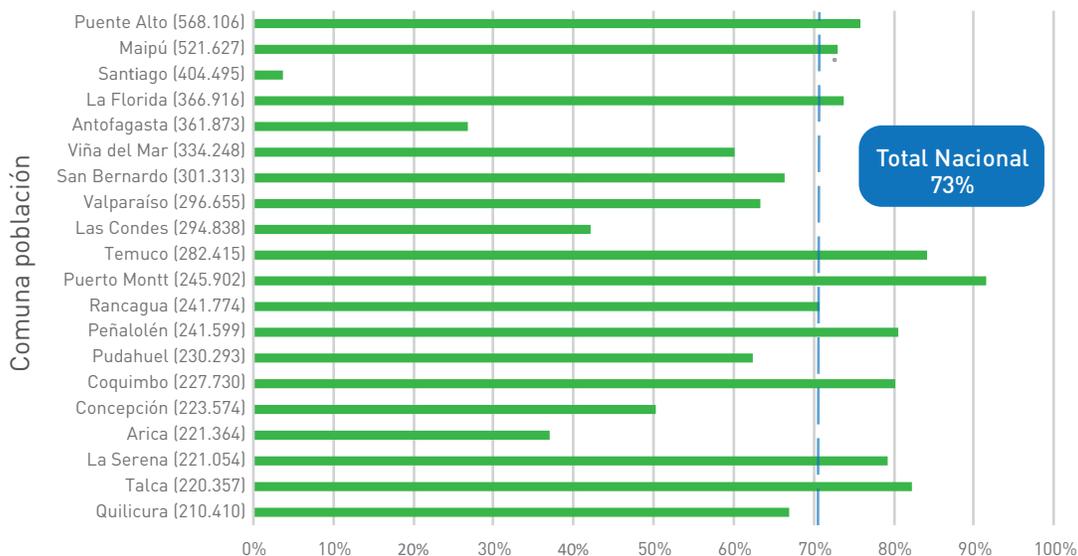


Figura 6: Potencial de carga residencial, elaboración propia a partir de INE (2017) y Ministerio de Desarrollo Social y Familia (2017).

21 El estudio considera que existe una alta probabilidad de que casas aisladas posean estacionamiento en Estados Unidos, Noruega, Japón, Suecia, Polonia, Francia, Reino Unido, Alemania, Países Bajos y China, y en el caso de casas pareadas por un lado, es muy probable que sí posean estacionamiento en Noruega y California, pero poco probable en los Países Bajos.

22 Para detalle de la metodología, ver Anexo B.

23 Este supuesto fue validado por un experto del área de la construcción.

24 Debido a que los centros urbanos en general cuentan con edificaciones más antiguas que no consideraron el estacionamiento en su diseño, y además, por una mayor cantidad de edificios.

3.6 Zonas aisladas y acceso limitado a la electricidad

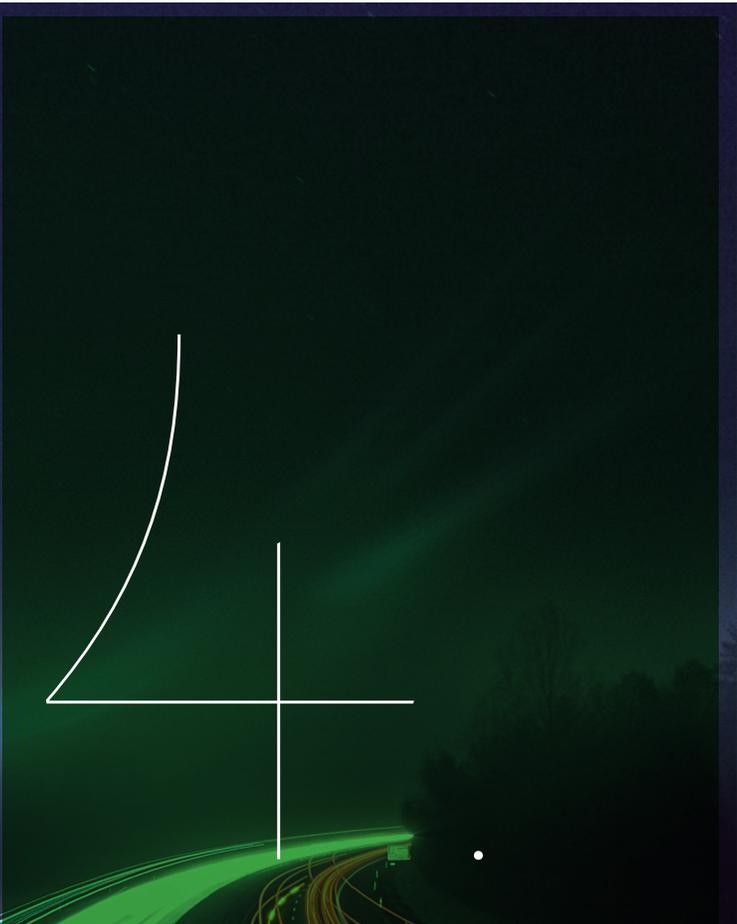
En Chile, aún existen cerca de 24.500 viviendas sin acceso a electricidad y 29.600 con acceso parcial a ella, considerando ambos grupos, cerca de 160.000 personas no cuentan con suministro continuo de electricidad (Ministerio de Energía, 2019).

Una porción importante de estas viviendas está ubicadas en islas y zonas aisladas de Chile continental. Algunos expertos entrevistados plantearon que la electromovilidad puede ser una buena solución para lugares aislados, ya que el costo de combustible suele ser bastante alto en estas zonas (por su costo de transporte). En particular, la electromovilidad sería una buena solución en islas donde existe infraestructura para vehículos, y potencial para generar electricidad a partir de fuentes renovables.

Adicionalmente, en las zonas rurales se observan oportunidades y barreras. Por un lado, el vehículo particular es esencial dado las largas distancias que se recorren y la poca oferta de transporte público. Estas condiciones son ideales para la penetración de VE. Sin embargo, existen barreras para la carga de VE en zonas rurales ya que la electricidad suele ser más cara y las redes de distribución más precarias en comparación con zonas urbanas²⁵.

Finalmente, las barreras para la carga residencial que se abordan en este informe podrían impactar de manera distinta en zonas aisladas y/o con acceso limitado a electricidad. En este estudio no profundizamos en este tipo de zonas ya que nos concentramos en las viviendas más comunes de Chile. Futuros estudios debieran considerar las oportunidades y barreras de la electromovilidad en zonas aisladas y/o con acceso limitado a electricidad.

25 A pesar de que las horas sin suministro eléctrico parecen ir disminuyendo cada año (SEC, 2019).



4. Barreras

4. Barreras	20
4.1 Mercado inmaduro (inmadurez de la oferta)	21
4.2 Desconocimiento general (inmadurez de la demanda)	22
4.3 Costos de instalación elevados e inciertos	22
4.4 Tarifas eléctricas actuales no son un incentivo	23
4.5 Instalaciones eléctricas no aptas	24
4.6 Falta de estacionamiento propio	24
4.7 Arrendatarios	25
4.8 Edificios de departamentos	25
4.9 Capacidad limitada del empalme y la red de distribución	27
4.10 Vulnerabilidad energética	28

Barreras

En esta sección se presentan las 10 principales barreras identificadas para la carga residencial de VE, desde el punto de vista del usuario.

En la Figura 7, las barreras se encuentran categorizadas por:

- **Temporalidad:** si está presente hoy, aparecerá a medida que aumenten los VE, o cuando se masifique la electromovilidad.
- **Nivel de impacto:** porcentaje de la población que podría verse impactada.

Esta categorización busca orientar al lector entregando cierto orden y estructura para analizar las barreras, sin embargo, no pretende ser una categorización robusta, y se debe tener en cuenta que posee zonas difusas y limitaciones.

Es probable que algunos usuarios perciban ciertas barreras con mayor intensidad que otros, ya sea por variaciones en los kilómetros que recorren al día, particularidades de su vivienda, entre otros. Adicionalmente, debido a las distintas características del país, probablemente las barreras que identificamos impactarán de distinta forma a cada región.

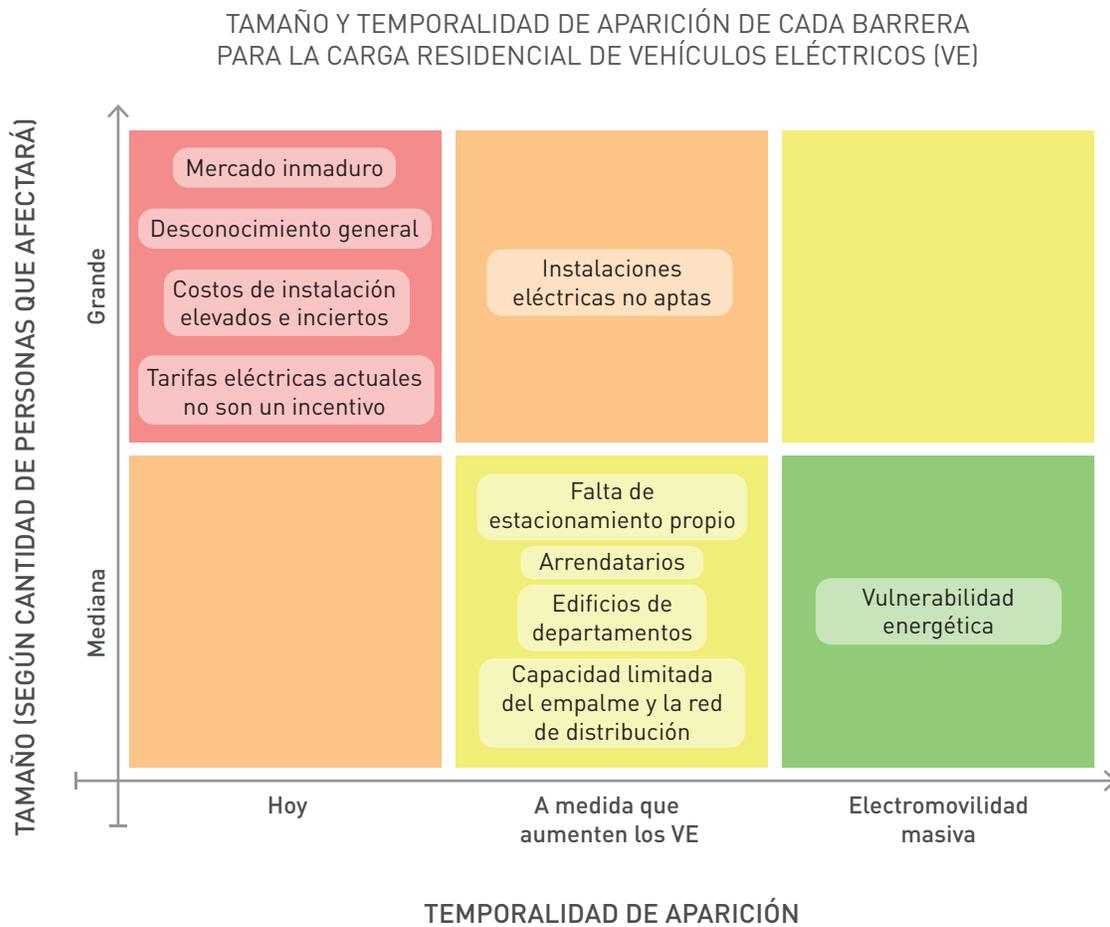


Figura 7: Tamaño y temporalidad de aparición de cada barrera para la carga residencial para VE. Elaboración propia.



4.1 Mercado inmaduro (inmadurez de la oferta)

El mercado de los VE aún es inmaduro. Lo anterior, es una barrera por sí sola tanto para la masificación de VE como para la carga residencial, ya que implica que los posibles compradores se abstienen de adquirir VE al considerar que la oferta no se encuentra lo suficientemente desarrollada (ver sección 4.2), mientras que los proveedores de VE y sus servicios asociados (e.g. IC) limitan su oferta al no observar una demanda suficiente.

En general, los entrevistados mencionan dos aspectos que desincentivan la compra de VE (y sus servicios asociados) en Chile: 1) la oferta reducida de modelos de VE²⁶ y 2) la mala experiencia de compra.

Sobre la oferta reducida de VE, los entrevistados señalan que ante esta limitación han debido evaluar la importación de modelos no disponibles en Chile. En particular, uno de los entrevistados importó un vehículo desde EE. UU., sin embargo, manifiesta que no volvería a hacerlo debido a lo complejo de los trámites y altos costos.

Sobre la experiencia de compra, los usuarios indican que los vendedores no conocen la tecnología de los VE, y que muchas veces, el cliente está más informado que el vendedor. Por su lado, los proveedores de VE explican que se realiza poca capacitación sobre VE a los vendedores de las automotoras, debido a la poca cantidad de modelos y su baja participación en el mercado nacional. De esta manera, el vendedor tiene más incentivos para vender un VC (para el que sí recibe capacitación) que intentar vender una tecnología que no conoce bien. Además, los usuarios entrevistados señalan que durante el proceso de venta no fueron informados adecuadamente por el vendedor sobre las opciones de carga del vehículo. Por ejemplo, no se les comunicó que la instalación de IC en el hogar podría requerir un aumento de empalme o instalar un nuevo empalme dedicado exclusivamente a la carga del VE. Adicionalmente, los usuarios indican que la instalación de IC dedicada es engorrosa, y prefieren emplear el modo de carga 2 (que, como se puede ver en la Figura 8, solo requiere un enchufe común).

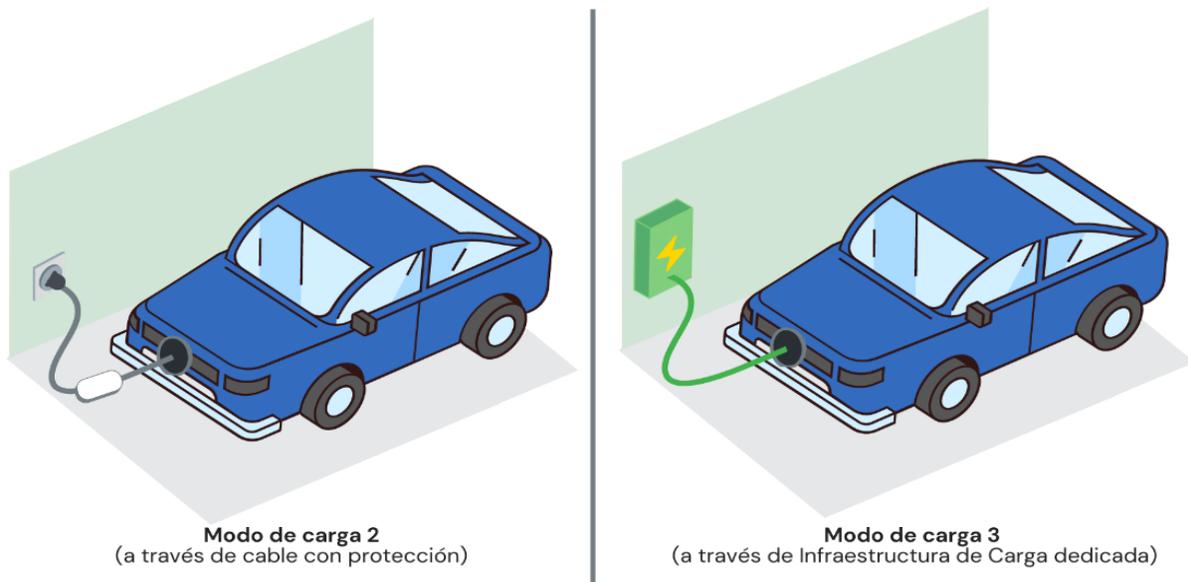


Figura 8: Modos de carga comunes en carga residencial. Elaboración propia²⁷.

26 Una pequeña fracción de los modelos disponibles en el mundo llegan al país. Además, la mayoría de los puntos de venta se concentran en pocas comunas de Santiago.
27 Si bien el modo 2 de carga requiere una instalación menos compleja, la SEC de igual manera exige realizar esta instalación con uno de sus instaladores certificados y de acuerdo a la normativa.

Finalmente, la inmadurez del mercado se agudiza en regiones distintas a la RM. Los usuarios entrevistados mencionan que fuera de Santiago existen pocos puntos de venta de VE, y que algunos debieron viajar a otras regiones para comprar el vehículo (lo que no hubiese ocurrido en caso de comprar un VC). De manera similar, en algunas regiones no existen proveedores locales de IC ni instaladores SEC con experiencia en IC, aumentando los costos de este servicio.

Posible evolución: En base a la experiencia internacional, los primeros usuarios en adoptar VE tienen ingresos superiores a la media (Funke, Sprei, Gnann, & Plötz, 2019) y estarían más dispuestos a instalar IC dedicada en su hogar. Por lo anterior, los “early adopters” superarán esta barrera ya que estarían más dispuestos a lidiar con la oferta reducida de modelos y la concentración de esta en la RM. Sin embargo, a medida que la tecnología se masifica, los usuarios convencionales serían más sensibles a las barreras para la carga residencial. De todas formas, cuando se desarrolle el mercado, probablemente llegarán más modelos de VE²⁸ y se capacitarán más instaladores de IC²⁹, por lo que la barrera podría ir disminuyendo con el tiempo.

Posibles soluciones: Generar más competencia en el mercado de VE e IC (Wesseling, Niesten, Faber, & Hekkert, 2013), capacitar vendedores, creación de subsidios³⁰ o incentivos a la importación y adquisición de VE e IC (Zhang, Xie, Rao, & Liang, 2014).

4.2 Desconocimiento general (inmadurez de la demanda)

Tal como sucede generalmente con las nuevas tecnologías, la falta de conocimiento y experiencia del usuario puede ser una barrera importante para el despliegue de los VE. El desconocimiento no se refiere solo al vehículo en sí, sino también a requisitos de carga y tarifas eléctricas (Pollution Probe, 2019).

Los entrevistados manifiestan que las personas tienden a pensar que los cargadores de VE son equipos muy complejos, de gran potencia eléctrica, cuando en realidad la potencia demandada por un cargador modo 3 puede ser equivalente a dos o tres hervidores eléctricos de agua.

Por otro lado, los entrevistados explican que la decisión sobre instalar o no IC en el hogar (y cuándo cargar) es nueva y compleja. Pues depende de las tarifas eléctricas, los costos del cargador, de su instalación, hábitos del usuario (cuánto se desplaza y cuántas horas tiene disponibles para cargar), características del vehículo (capacidad de la batería y rendimiento), capacidad eléctrica

disponible del hogar, entre otros. En particular, algunos usuarios descubren después de comprar su VE que no pueden instalar IC dedicada en su vivienda debido a que su instalación eléctrica no es apta (sección 4.5) o las dificultades adicionales de implementar en un edificio (sección 4.8).

Finalmente, es probable que el usuario promedio no esté completamente familiarizado con los tecnicismos eléctricos, por lo que necesitará asesoría para la instalación de un cargador residencial.

Posible evolución: Actualmente, es una de las principales barreras para la adopción de la electromovilidad y por consiguiente para la carga residencial. Sin embargo, disminuirá a medida que aumente el número de VE en circulación.

Posibles soluciones: Campañas de información para la ciudadanía, herramientas digitales para simplificar la toma de decisiones de los compradores, paquetizar soluciones de IC residencial (Poudineh, 2019).

4.3 Costos de instalación elevados e inciertos

El costo de implementar IC en el hogar es considerable para un usuario de ingresos medios³¹. En general, el costo de instalación corresponde al menos a la mitad del valor total del proyecto, y es incierto, ya que depende de las características de la vivienda.

Los usuarios al evaluar los costos de implementar IC en el hogar se enfrentan a las siguientes alternativas:

1. **Modo de carga 2 (a través de un enchufe común):** Significativamente más económica y sencilla de implementar. En general, no requiere modificaciones en la instalación eléctrica de la vivienda. Sin embargo, algunos usuarios no podrán optar a esta alternativa ya que la instalación eléctrica de su vivienda no es adecuada y/o requieren IC de mayor potencia (ver secciones 4.5 y 4.9).
2. **Cargador dedicado:** Alternativa preferida por algunos usuarios pues permite cargar en menor tiempo, y eventualmente, ofrecer carga inteligente. Sin embargo, el equipo cargador y su instalación aumentan los costos con respecto a la primera alternativa. Además, el valor de instalación es incierto ya que depende de las características de la vivienda. Finalmente, habrá costos adicionales si se requiere modificar la instalación eléctrica de la vivienda³², y/o aumentar la potencia del empalme³³.

28 La Ley de Eficiencia Energética incentivará la incorporación de nuevos modelos de VE (Electromov, 2020).

29 En la página web de la SEC se encuentra a disposición de los usuarios el contacto de instaladores por región que actualmente cuentan con TE-6 inscritos.

30 En Chile ya existen algunos subsidios para taxis colectivos (Monroy, 2019).

31 El costo de un equipo de 7 kW y su instalación en promedio varía entre 1,5 y 2,2 millones de pesos mientras la mitad de los trabajadores chilenos gana menos de 400.000 pesos (INE, 2020a).

32 Por ejemplo, intervenciones estructurales, ampliaciones/extensiones eléctricas, y/o regularización de la instalación eléctrica existente.

33 Incluso, podrían aumentar los cobros de la tarifa de electricidad en el hogar si se supera el límite de invierno.



3. Cargador con empalme dedicado: Consiste en instalar un nuevo empalme en el hogar dedicado exclusivamente al cargador. Similar a la segunda alternativa, permite potencialmente cargar en menos tiempo y ofrecer carga inteligente. La diferencia radica en que esta alternativa no requiere modificar las instalaciones eléctricas existentes, y por lo tanto, su instalación puede ser más simple y expedita. Sin embargo, solicitar un nuevo empalme podría ser costoso y en algunos casos demorar varios meses (ver sección 4.9).

Los proveedores de IC entrevistados prefieren la tercera alternativa, ya que agiliza y simplifica el proceso de instalación. No obstante, algunos usuarios señalan que prefieren no invertir en un cargador y/o empalme dedicado por el riesgo de obsolescencia tecnológica.

Finalmente, los costos de implementación de IC dedicada, su incertidumbre asociada, y los riesgos de obsolescencia tecnológica, limitan la cantidad de usuarios que deciden comprar un VE.

Posible evolución: El mercado de IC en Chile está creciendo y cada vez se aprecia mayor competencia. En ese sentido, se esperaría que a medida que el mercado madure, disminuirán los costos, su incertidumbre, y las asimetrías de información.

Posibles soluciones: Desarrollar cargadores de fácil instalación que minimicen intervenciones en la vivienda, estandarizar soluciones (Gold, Guccione, & Henchen, 2017), agilizar tramitación de permisos asociados a la instalación de IC.

4.4 Tarifas eléctricas actuales no son un incentivo

Las tarifas reguladas³⁴ en Chile no incentivan la adopción de la electromovilidad, ya que no generan señales de precio simples para que los usuarios puedan aprovechar la flexibilidad de la carga de VE.

Una de las ventajas de la carga del VE, es su mayor flexibilidad con respecto a otros consumos eléctricos del hogar. Por ejemplo, una ampolleta, el microondas o un calefactor eléctrico son consumos poco flexibles ya que el usuario no puede retrasar o adelantar su consumo sin modificar su comportamiento (requiere iluminación, calentar su comida o su vivienda en la inmediatez). Sin embargo, la carga del VE en la mayoría de los casos tiene una ventana de

tiempo prolongada. Por ejemplo, un VE estacionado en el hogar entre 9 pm - 7 am, puede concentrar su carga entre 2 am - 6 am (a través de carga inteligente), sin modificar el comportamiento de las personas que residen en esa vivienda.

En otros países se han creado tarifas especiales para incentivar los VE y aprovechar su flexibilidad de carga en beneficio de la red eléctrica. En general, estas tarifas incentivan la carga a través de precios más económicos en horarios de menor demanda³⁵. La mayoría de estas tarifas cobran solo por energía, por lo que el usuario puede planificar la carga de manera simple. Desde el punto de vista de la red, las tarifas horarias incentivan la carga de VE durante las horas valle (generalmente en la noche) mitigando las inversiones de infraestructura de red que serían necesarias para satisfacer la demanda de electricidad de VE³⁶.

La mayoría de los usuarios residenciales en Chile posee tarifas planas que no discriminan el consumo por horario. También, aunque poco utilizadas, existen tarifas reguladas que sí permitirían capturar la flexibilidad de carga de VE, pero son demasiado sofisticadas³⁷ para un usuario residencial.

Finalmente, la falta de tarifas con señales de precio simples para la carga de VE impacta en que los usuarios no puedan acceder a tarifas más económicas, y que el sistema eléctrico sea menos eficiente es su operación.

Posible evolución: A medida que aumenten los VE, es probable que los objetivos de política pública lleven a diseñar tarifas con señales de precio simples, tanto para fomentar la electromovilidad, como para remunerar a los usuarios que flexibilizan su consumo, y optimizar la red eléctrica. A su vez, la nueva Ley de Distribución Eléctrica crearía un mercado competitivo de comercialización de electricidad ampliando la oferta de tarifas residenciales ad hoc para VE.

Posibles soluciones: Pilotar tarifas eléctricas especiales para VE y comprender cuáles funcionan mejor en el contexto chileno. Ofrecer soluciones comerciales que integren en un solo paquete la IC y tarifas para VE (incluso integrar con otros recursos energéticos distribuidos).

34 Las distribuidoras eléctricas tienen la posibilidad de ofrecer tarifas para VE, pero no están obligadas.

35 Incluso cuando existen tarifas horarias, hay grupos de usuarios que cargan en horas punta. Lo anterior, tanto porque la tarifa no es incentivo suficiente, sus hábitos no le permiten cargar en otro momento, o porque no tienen acceso a comprar un cargador inteligente.

36 Si bien, un número reducido de VE no tendría un mayor impacto en la red, la masificación de VE puede afectar intensamente las redes eléctricas (Limmer, 2019). Los impactos pueden mitigarse a través de la carga inteligente y V2G (ICF Canada, 2020).

37 Algunas tarifas reguladas se calculan en base al consumo de energía y la máxima potencia demandada en cierto periodo. De esta manera, los usuarios de VE podrían disminuir la cuenta de electricidad al bajar su peak de potencia. Sin embargo, lo anterior sería impracticable para un usuario que desee configurar su cargador manualmente, ya que bastaría cualquier modificación en la planificación de consumo del hogar (e.g. se enciende el hervidor en la madrugada) para disparar el consumo en ese momento. De todas maneras, existen hoy en el mercado cargadores más sofisticados (y más caros) que podrían responder automáticamente a estas tarifas.

4.5 Instalaciones eléctricas no aptas

La mayoría de las viviendas (y sus estacionamientos) no fueron diseñadas para la carga de VE, y sus instalaciones eléctricas no necesariamente están preparadas para ello. Específicamente, se puede descomponer esta barrera en tres más pequeñas:

1. Instalaciones eléctricas fuera de norma.
2. La capacidad de la instalación eléctrica no es suficiente para la demanda de potencia del VE.
3. El estacionamiento está alejado de un enchufe o punto eléctrico (i.e. el acceso a la electricidad está fuera de alcance del VE).

Las tres condiciones implican que el usuario, para cargar el VE en el hogar, deberá modificar su instalación eléctrica lo que se traduce en: tiempo, inconvenientes y costos. Adicionalmente, habrá usuarios que también deberán ampliar o contratar un nuevo empalme (sección 4.9).

En Chile no existen datos para cuantificar esta barrera, pero se puede suponer que abarcaría un gran número de viviendas. En particular, con respecto al primer punto, se estima que aproximadamente el 70% de las viviendas no cumpliría con la normativa eléctrica (ver Figura 5). Luego, si bien no existen datos acerca de la capacidad de las instalaciones eléctricas, a partir de los tamaños de empalmes se puede inferir que al menos el 26% de las viviendas no contaría con capacidad suficiente³⁸ para un usuario promedio (ver Figura 4). Sin embargo, este número podría ser incluso mayor considerando que habrá limitaciones adicionales en los circuitos eléctricos de la vivienda.

Finalmente, con respecto a la cercanía del estacionamiento a un punto de conexión eléctrica, tampoco existen datos. No obstante, la experiencia internacional hace intuir que la barrera es significativa. Por ejemplo, en California la mitad de las casas no cuentan con enchufes cercanos al estacionamiento, y la disponibilidad es casi nula en los estacionamientos de edificios de departamentos (Reynolds, 2019). En particular, en Santiago, uno de los entrevistados mencionó que no puede cargar el vehículo en su vivienda ya que no cuenta con un enchufe cercano al estacionamiento. Alternativamente, suele cargar su VE en casa de familiares usando un alargador de 20 metros, y que debe pasar a través de la ventana de una pieza hasta el estacionamiento. Este es un proceso engorroso, incómodo y poco seguro.

Posible evolución: Para el caso de las viviendas existentes, es probable que a medida que se actualice la normativa eléctrica, más viviendas no cumplirán la norma. Además, si la tendencia de electrificación de los consumos (transporte, calefacción, agua caliente, aire acondicionado) sigue al alza, un mayor número de viviendas existentes no tendrá capacidad eléctrica para satisfacer la demanda. Finalmente, es probable que las nuevas edificaciones consideren en su diseño la capacidad eléctrica para satisfacer la demanda de VE.

Posibles soluciones: Instalación de nuevo empalme dedicado para la IC, paquetizar soluciones de IC residencial, políticas públicas que fomenten la normalización de instalaciones eléctricas³⁹ y retrofitting para carga domiciliaria (Weiner, 2020).

4.6 Falta de estacionamiento propio

La manera más conveniente para cargar el VE, en general, es en el hogar. Los usuarios de VE prefieren cargar en su vivienda por varias razones (aquí listamos las cuatro principales):

- 1) El vehículo está disponible para cargar mientras se encuentra estacionado en el domicilio, sin perturbar los hábitos del usuario⁴⁰.
- 2) La carga lenta mitiga la degradación de la batería y es el tipo de carga recomendado por los fabricantes de VE.
- 3) Comparando el valor por kWh, el precio de la electricidad en el hogar es menor al que se paga en un PC de acceso público.
- 4) El usuario asegura la compatibilidad entre su vehículo y el cargador.

Debido a que la carga residencial requiere que el VE se encuentre estacionado en el hogar, el estacionamiento propio es fundamental. En Chile no existen estadísticas de estacionamientos, pero se estima que al menos un 70% de las viviendas cuentan con un estacionamiento propio accesible desde la vivienda (detalles en la sección 3.5). Este número podría ser menos optimista si se considera que algunos hogares cuentan con más de un vehículo propio.

38 El supuesto es respecto a la capacidad total del tablero general de la vivienda.

39 Por ejemplo, en Nueva York para aprobar modificaciones en una edificación existente se exige la actualización de diferentes aspectos energéticos en el edificio (Metropolis, 2020; Borade, 2018).

40 Los entrevistados mencionan que una de las ventajas de la experiencia del VE es no perder tiempo yendo a la gasolinera una vez a la semana. La carga nocturna del VE finalmente se asimila como una rutina semejante a cargar el celular o computador.



Finalmente, parte de las viviendas que no cuentan con estacionamiento corresponden a edificaciones antiguas. En estos casos, en general, los vehículos se estacionan en la vía pública en un espacio sin exclusividad⁴¹ generando dificultades para instalar un cargador semi-público (ya que cualquier vehículo podría estacionarse y bloquear el acceso al cargador).

Posible evolución: Es probable que, a medida que más personas adquieran un VE, la falta de estacionamiento propio será una barrera más notoria, particularmente, en zonas con alta densidad poblacional y edificaciones antiguas.

Posibles soluciones: Reforzar IC de acceso público en zonas con bajo potencial de carga residencial⁴², instalar IC en edificios de estacionamiento⁴³, y diversificar las opciones⁴⁴ de carga pública y semi-pública.

4.7 Arrendatarios

La toma de decisiones sobre modificaciones en viviendas arrendadas es un proceso con ciertas limitaciones, pues requiere del consenso entre el propietario y el arrendatario. Precisamente, la complejidad para implementar medidas de eficiencia energética en viviendas arrendadas es bien conocida en el sector de las políticas públicas. En general, las medidas de eficiencia energética generan ahorros en las cuentas de energía, pero requieren de una inversión inicial. Sin embargo, ni el propietario ni el arrendatario tienen incentivos para realizar la inversión inicial ya que el propietario no percibe los ahorros, y el arrendatario (que percibe los menores costos de energía) no tiene certeza del tiempo que durará el arriendo, ni si el propietario aprobará las modificaciones en la vivienda⁴⁵. Una problemática similar aplica para la implementación de IC en viviendas arrendadas.

A continuación, presentamos un ejemplo para ilustrar esta barrera. Un arrendatario adquiere un VE y desea instalar un cargador de 7 kW en su hogar. La instalación requiere modificaciones a la instalación eléctrica de la vivienda (i.e. cableado, tablero eléctrico, modificación/nuevo empalme, entre otros). Para tomar la decisión, el arrendatario analiza dos aspectos:

- 1) Qué parte de la inversión no podrá recuperar⁴⁶ si deja de arrendar la vivienda.
- 2) Si el propietario autorizará las modificaciones en la instalación eléctrica de la vivienda.

Con respecto a lo primero, el equipo cargador fácilmente se puede desinstalar y trasladar a otra vivienda, no obstante, las modificaciones en la instalación eléctrica de la vivienda no pueden “trasladarse”. Desde el punto de vista del arrendatario, no sólo debe solicitar autorización al propietario, sino que además, el propietario debería cofinanciar las modificaciones a la instalación eléctrica ya que son mejoras que quedan adosadas a la vivienda. Desde el punto de vista del propietario (al menos del propietario de este ejemplo), las modificaciones a la instalación eléctrica no necesariamente mejoran la propiedad⁴⁷ por lo que no tiene incentivos a cofinanciar las modificaciones.

Posible evolución: Actualmente, el 22% de los hogares en Chile son arrendados y la tendencia viene al alza (Ministerio de Desarrollo Social y Familia, 2017). A medida que la electromovilidad avance y llegue a hogares de medios y bajos ingresos (donde se concentrarían los arrendatarios), la barrera podría volverse más significativa.

Posibles soluciones: Desarrollar cargadores de fácil instalación y desinstalación que minimicen intervenciones en la vivienda. Regulaciones y/o modelos de negocio que resuelvan el conflicto de incentivos entre el arrendatario y el arrendador⁴⁸.

4.8 Edificios de departamentos

En edificaciones que comparten espacios comunes, como en edificios de departamentos, tomar decisiones requiere un alto nivel de coordinación entre residentes. Más aún, la experiencia internacional indica que en este tipo de edificaciones es donde existen mayores complicaciones para implementar IC residencial (Mayaud, 2019). Lo anterior, por varias razones:

- 1) El sistema de carga óptimo en un edificio requiere una visión sistémica. Sin embargo, los propietarios de departamentos podrían evaluar sus decisiones desde una visión individualista.

41 En Chile, un estacionamiento en la vía pública puede ser “exclusivo para residentes”, pero no exclusivo para un usuario en particular. En cambio, en ciudades como Londres, los usuarios tienen la opción de arrendar al municipio un estacionamiento exclusivo en la vía pública frente a su casa (Department for Transport, 2020).

42 En Hong Kong, existe una red de carga DC robusta (Environmental Protection Department, 2020) para suplementar el bajo potencial de carga residencial.

43 En Nueva York, ante el incremento de usuarios de VE, los garajes (edificios completos dedicados a estacionamientos y que son arrendados por dueños de vehículos para estacionarlos durante la noche) han comenzado a ofrecer el servicio de carga de VE (Ulrich, 2020).

44 En el Reino Unido, el mercado de IC ofrece soluciones innovadoras que van desde usar el alumbrado público como PC, hasta la carga inalámbrica (aún en desarrollo) (Department for Transport, 2020).

45 En la literatura se le conoce a esta dificultad como “split incentives” (Department of the Environment and Energy, 2013).

46 Costos hundidos.

47 El propietario no tiene certeza si los futuros arrendatarios valorarán la posibilidad de instalar un cargador de VE, ni tampoco si las modificaciones eléctricas serán compatibles con el cargador del futuro inquilino.

48 Por ejemplo, en California la ley exige que el propietario acepte la instalación de IC si el arrendatario presenta una solicitud formal que cumpla con la reglamentación (Astanehe Law, 2020).

- 2) Las instalaciones eléctricas de los edificios (sobre todo en caso de edificaciones antiguas) no están diseñadas para la carga de VE, y aumentar su capacidad puede ser un proceso complejo (tanto por sus costos como por la coordinación entre propietarios).
- 3) Las decisiones en espacios comunes deben ser tomadas por la comunidad. Por lo tanto, los propietarios que no poseen VE podrían rechazar u otorgarle baja prioridad a la instalación de IC en los estacionamientos del edificio (City of Richmond, 2020).
- 4) La manera en que se financian los costos de implementación de IC es compleja. Por un lado, los usuarios que cuentan con un VE, y desean instalar IC, considerarán que no es justo asumir todos los costos de implementación si es que esta inversión podría ser utilizada por futuros usuarios de VE en el edificio. Por el otro lado, los usuarios que no posean VE podrían decidir no cofinanciar la instalación (incluso si les permite acceder a la IC en el futuro).
- 5) Se requiere de un sistema para tarifificar individualmente los costos de electricidad. Por ejemplo, si se decide que cada usuario de VE pague por su consumo de electricidad, es probable que se deban instalar remarcadores asociados al cargador de cada estacionamiento. Lo anterior, no solo implica el costo en tecnología, sino que la administración del edificio debe operativizar un sistema de cobro interno traspasando los costos de electricidad de los espacios comunes a cada usuario⁴⁹.
- 6) En general, los estacionamientos en edificios están asignados de manera fija a un departamento. Por lo tanto, existe poca flexibilidad para reasignar a VE los estacionamientos donde sea más sencillo⁵⁰ implementar IC.
- 7) Puede ser complejo implementar cargadores inteligentes (que requieren conexión a internet) en subterráneos profundos debido a la dificultad de conexión inalámbrica.

En Chile esta barrera podría ser incluso mayor que en otros países, por el carácter individualista de la sociedad chilena. Dos entrevistados mencionaron ejemplos concretos que han experimentado al intentar implementar soluciones energéticas en espacios comunes. En particular, uno de los entrevistados vive en un edificio de departamentos, y solicitó al comité de administración instalar un cargador con remarcador⁵¹ en los estacionamientos. Sin embargo, luego de más de un año, el comité no ha aprobado su solicitud. La razón que sugiere el entrevistado, es que los residentes temen que los gastos comunes podrían aumentar significativamente si el usuario del VE no devuelve a la comunidad los costos de electricidad. Alternativamente, el entrevistado ha evaluado la posibilidad de solicitar un nuevo empalme a la distribuidora, pero se ha encontrado con una serie de dificultades.

Posible evolución: La experiencia internacional sugiere que es muy probable que esta barrera tenga un alto impacto en el futuro, sobre todo, en áreas de alta densidad poblacional. La barrera podría mitigarse si los nuevos edificios contemplan en sus diseños infraestructura y modelos de negocio/operación para la carga de VE.

Posibles soluciones: Repensar el concepto de estacionamiento en edificios, diseñar/optimar sistemas de carga para todos los estacionamientos (no abordar cada usuario de VE como una solución individual), nuevos modelos de negocio con estacionamientos flexibles, sistemas de carga con gestión inteligente, políticas públicas para incentivar soluciones sistémicas en edificios, y políticas públicas para facilitar la coordinación entre los residentes para implementar IC.

49 Actualmente, para minimizar ambigüedades, la SEC explicita el requerimiento de remarcador y autorización del administrador si un cargador se conecta a los servicios comunes.

50 Por ejemplo, por su cercanía a un punto eléctrico y/o espacio adecuado para albergar la IC.

51 Para medir la energía consumida por la carga del VE, y devolver este costo a la comunidad.

4.9 Capacidad limitada del empalme y la red de distribución

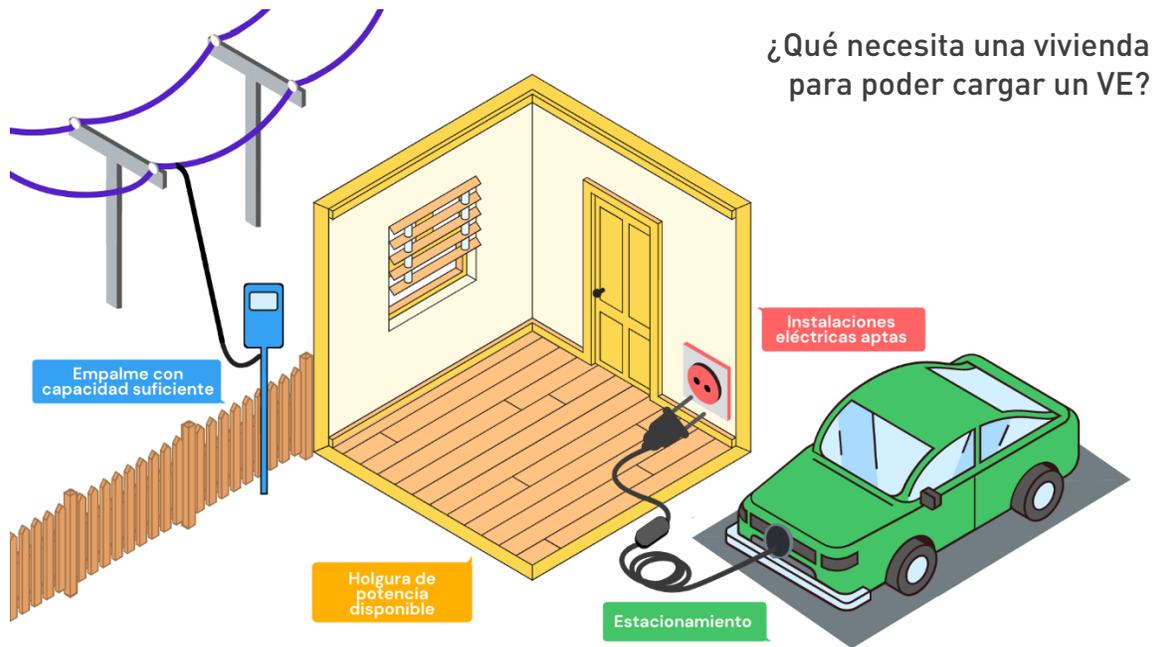


Figura 9: Esquema de algunos requerimientos para la carga residencial.

La carga residencial requiere que se cumplan una serie de condiciones (ver Figura 9). Entre ellas, que el empalme de la vivienda cuente con capacidad suficiente para la carga del VE. Cuando la vivienda no cuenta con esta capacidad⁵², el usuario tiene dos opciones: solicitar un aumento del empalme existente o uno nuevo. No obstante, el ciudadano común no está familiarizado con los trámites eléctricos ni sus terminologías, y la solicitud de empalme puede implicar procesos largos y engorrosos.

Además del empalme específico de cada vivienda, las redes de distribución eléctrica también tienen sus limitaciones. Es probable que, a medida que aumenten los VE, se requerirán inversiones para reforzar las redes de distribución⁵³. Entonces, si la distribuidora eléctrica no se anticipa a esta situación, los plazos de respuesta a las solicitudes de empalme podrían retrasarse limitando la carga en el hogar en el corto/mediano plazo. Más aún, un entrevistado señala

que la carga de VE podría aumentar la contaminación de armónicos⁵⁴ en el sistema eléctrico, obligando a limitar temporalmente la masificación de VE hasta que se mitigue el problema.

En Chile, cerca de un 20% de los empalmes residenciales no contaría con la potencia de un enchufe común (ver la Figura 10), que sería lo mínimo razonable para cargar un VE. Más aún, un 87% tampoco tendría la capacidad de empalme necesario para instalar un cargador residencial estándar de 7 kW. Este porcentaje podría ser incluso mayor si se considera que las viviendas no tienen disponible la totalidad de capacidad del empalme todo el tiempo (en la sección 3.3 si se considera).

Posible evolución: Respecto al aumento de potencia disponible en la vivienda, probablemente los primeros usuarios (“early adopters”) en adoptar VE estén más dispuestos a tramitar nuevos/aumentos de empalmes (Ofgem, 2018). Sin embargo, a medida que la tecnología

52 Tanto porque la potencia del cargador supera la del empalme, o porque el empalme no posee holgura (i.e. el consumo de la vivienda limita la potencia disponible para la carga del vehículo).

53 Las inversiones en infraestructura de redes podrían mitigarse si se aprovecha la flexibilidad de carga de los VE (Myers, Davidovich, & Cutler, 2020).

54 Debido a rectificadores de semiconductores en la conversión AC-DC.

se masifica, los usuarios convencionales serían más sensibles a esta barrera. Además, si la tendencia de electrificación de los consumos (transporte, calefacción, agua caliente, aire acondicionado) sigue al alza, esta barrera podría intensificarse. Finalmente, a medida que aumenten los VE, es probable que las redes eléctricas se vean más exigidas y requieran inversiones de infraestructura. No obstante, existen tecnologías (e.g carga inteligente, V2G) que permitirían mitigar el impacto de los VE en el sistema eléctrico⁵⁵.

Posibles soluciones: Gestión de la demanda, viabilizar regulatoriamente la tecnología V2G, agregación de demanda, tarifas eléctricas costo-reflectivas, agilizar los trámites de nuevos/aumentos de empalmes, reforma a la Ley de Distribución que entregue incentivos a la distribuidora/comercializador para reducir los tiempos de solicitud de nuevo/aumento de empalme.

4.10 Vulnerabilidad energética

En Chile existe un sector de la población sin acceso a electricidad o con acceso parcial, lo que hace muy difícil su adopción a la electromovilidad. Estos sectores probablemente serán los últimos en electrificar su transporte particular. Sin embargo, la vulnerabilidad energética no solo involucra a los sectores anteriores, sino también a grupos de la población que están conectados a las redes de distribución y enfrentan algunos de estos desafíos:

1. Instalaciones eléctricas inseguras y fuera de norma debido a los altos niveles de autoconstrucción (existiendo alto riesgo de incendios y electrocución).
2. Capacidad de empalme muy pequeña (la distribuidora eléctrica suele limitarla para evitar robos de electricidad en sectores vulnerables).

3. Altos niveles de endeudamiento asociados a las cuentas de electricidad⁵⁶.

Los tres desafíos anteriores dificultarán la carga residencial en hogares considerados vulnerables energéticamente. El concepto de vulnerabilidad energética está en proceso de definición en la actualización de la Política Energética 2050, por lo que todavía no existen datos acerca de cuántas personas estarían en esta situación.

La transición justa a la electromovilidad es también un factor clave a considerar. Uno de los expertos entrevistados señala que varias familias vulnerables cuentan con VC y que no sería raro pensar que estas viviendas adquieran VE cuando sus precios bajen. Aún más, en un futuro cercano el VE podría ser la alternativa más económica, y entonces, quienes más requieran un transporte económico, sustentable y limpio⁵⁷ no tendrán acceso a él.

Posible evolución: El Estado, en general, progresivamente ha impulsado políticas públicas para mejorar el acceso energético de la población. Sería de esperar que en el futuro aparezcan medidas focalizadas para grupos vulnerables energéticamente. Sin embargo, en el corto y mediano plazo podría suceder que no existan muchos avances al respecto.

Posibles soluciones: Subsidios, modelos de negocio de prepago para el consumo eléctrico. Sin embargo, vale la pena preguntarse si la carga en el hogar es un modelo viable para familias energéticamente vulnerables, o si se deberán buscar otros sistemas como: carga semi-pública subsidiada, mejor transporte público para desincentivar el vehículo particular en sectores vulnerables, entre otros.

CLIENTES RESIDENCIALES POR POTENCIA ELÉCTRICA CONTRATADA.

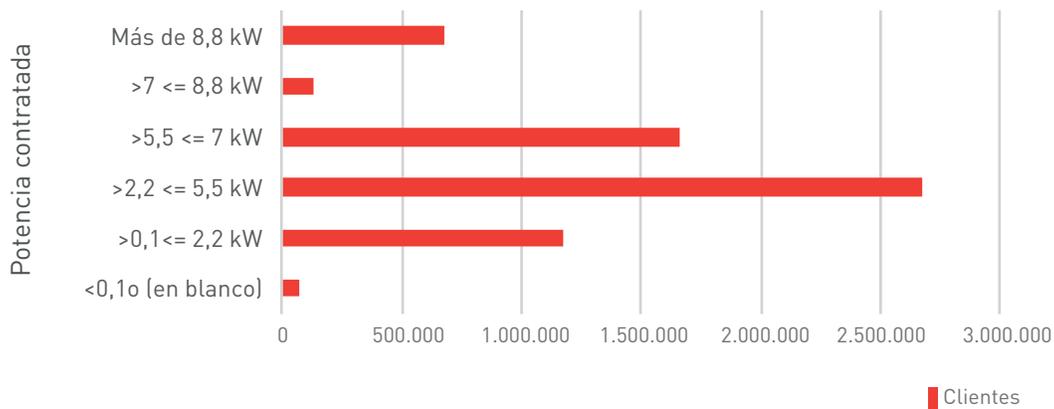
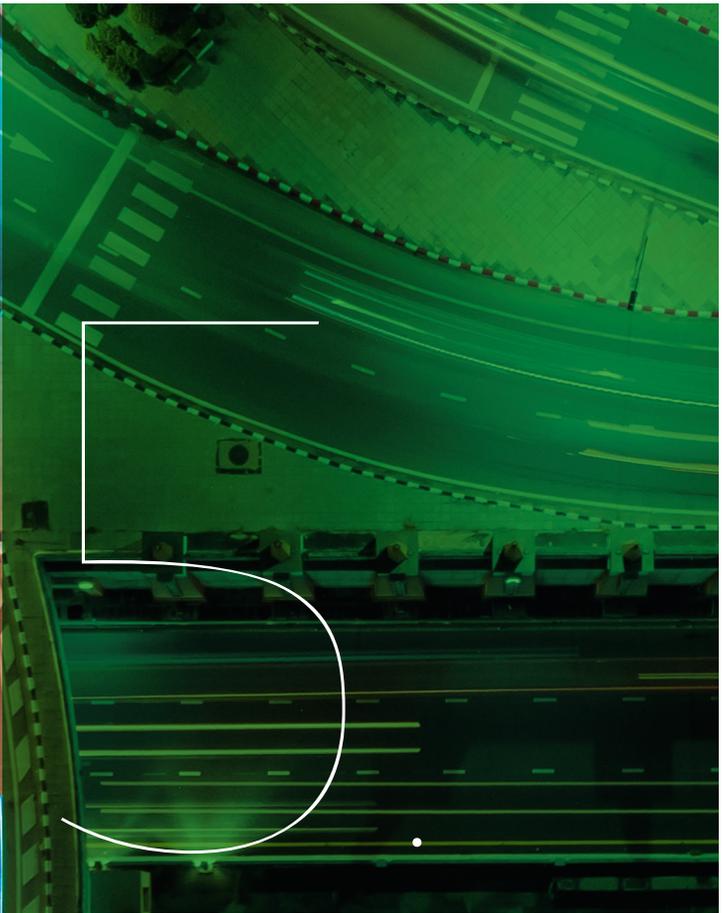


Figura 10: Clientes residenciales por potencia eléctrica contratada. Fuente: elaboración propia a partir de SEC (2020b).

55 Las inversiones en infraestructura de redes podrían mitigarse si se aprovecha la flexibilidad de carga de los VE (Myers, Davidovich, & Cutler, 2020).
 56 Uno de los expertos entrevistados señala que varias familias tienen acceso limitado a la energía eléctrica debido a cuentas impagas, y la adopción de VE podría incrementar el número de hogares morosos. Si este fuera el caso, los usuarios de VE más vulnerables podrían verse obligados a cargar en PC de acceso público. Esto es paradójico, porque quienes más requieren precios económicos se verían obligados a cargar a precios mayores.
 57 Si se da este caso, las comunas de menores ingresos podrían tener peor calidad del aire debido a la mayor cantidad de VC (He, Liang, Qiu, Li, & Xing, 2020).



5. Palabras Finales

5. Palabras finales

En este estudio hemos identificado diez barreras para la carga residencial que podrían dificultar la adopción de la electromovilidad en Chile. La intensidad de estas barreras variará según la región/ciudad/barrio/usuario, por lo que debemos considerar la diversidad de realidades en Chile a la hora de diseñar políticas/iniciativas para fomentar los VE.

Es probable que algunas de las soluciones de carga residencial exitosas en otros países no sean directamente aplicables a Chile, y que existan barreras en sectores de nuestro país que no han sido abordadas a nivel internacional. Esta es una dificultad y a la vez una oportunidad, ya que la necesidad de impulsar la electromovilidad tomando en cuenta nuestras particularidades crea un espacio de innovación para desarrollar soluciones novedosas con potencial de exportación a países similares a Chile.

En este trabajo, si bien logramos obtener información para cuantificar los órdenes de magnitud de ciertas barreras, encontramos que en ámbitos relevantes para la electromovilidad existe poca información, poco precisa y/o no ha sido sistematizada. Lo anterior, es una barrera por sí sola, ya que dificulta la generación de estrategias y política pública eficiente y efectiva. Entonces, parte de los desafíos para la carga residencial será generar mejor información para la toma de decisiones.

Finalmente, nuestro objetivo fue caracterizar y dimensionar el problema para que el ecosistema de la electromovilidad se anticipe a las barreras identificadas, y desarrolle/habilite soluciones a través de políticas públicas, regulación, nuevos modelos de negocio y emprendimientos. Este estudio es un primer paso, que no profundiza en posibles maneras de superar las barreras. Esperamos con este trabajo motivar a los distintos actores del ecosistema de la electromovilidad a proponer, crear e implementar las soluciones que pavimenten el camino hacia la electrificación de los vehículos particulares.



6. Referencias

Referencias	32
Anexo A: Acrónimos	35
Anexo B: Glosario	36

Referencias

- ANAC. (Agosto de 2020). Venta Wholesale de Vehículos eléctricos, híbridos enchufables e híbrido. Chile.
- Astanehe Law. (21 de Enero de 2020). *How California Tenants Are Charging Electric Vehicles at Home*. Obtenido de Astanehe Law Knows Your Rights: <http://astanehelaw.com/2020/01/21/how-california-tenants-are-charging-electric-vehicles-at-home/#:~:text=Under%20California's%20EV%20charging%20station%20law%2C%20covered%20tenancies%20have%20a,the%20tenant's%20designated%20parking%20space>.
- Borade, R. (5 de Septiembre de 2018). *NYC Energy Conservation Code: When Is It Mandatory?* Obtenido de New York Engineers: <https://www.ny-engineers.com/blog/nyc-energy-conservation-code-when-is-it-mandatory>
- City of North Vancouver. (2018). *Electric Vehicle Strategy*. Vancouver: City of North Vancouver.
- City of Richmond. (2020). *Residential Electric Vehicle Charging: A Guide for Local Governments*. Obtenido de Richmond: https://www.richmond.ca/_shared/assets/Residential_EV_Charging_Local_Government_Guide51732.pdf
- Connected Kerb. (2020). *Electric Vehicles: Moving from early adopters to mainstream buyers*. London: Connected Kerb.
- Davies, S. (2004). *The Great Horse-Manure Crisis of 1894: The problem solved itself*. Atlanta: Foundation for Economic Education.
- Department for Transport. (2019). *Electric Vehicle Charging in Residential and Non-Residential Buildings*. London: UK Government.
- Department for Transport. (17 de Enero de 2020). *Electric taxis to go wireless thanks to new charging tech trial*. Obtenido de UK Government: <https://www.gov.uk/government/news/electric-taxis-to-go-wireless-thanks-to-new-charging-tech-trial>
- Department of the Environment and Energy. (2013). *Department of Industry, Science, Energy and Resources, Commonwealth of Australia*. Obtenido de Factsheet Overcoming Split Incentives: <https://www.environment.gov.au/system/files/energy/files/hvac-factsheet-split-incentives.pdf>
- Dvir, R. (1 de Abril de 2020). Driivz. Obtenido de The EV Charging Industry Glossary: <https://driivz.com/blog/ev-charging-terms/>
- E2BIZ. (2017). *Estudio Escenarios de Usos Futuros de la Electricidad - Capítulos Transporte y Residencial*. Santiago: Generadoras de Chile.
- E2BIZ. (2019). *Consultoría para el análisis de modelos de cambio tecnológico para la proyección de emisiones de GEI en escenarios de electrificación vehicular*. Santiago: Ministerio de Medio Ambiente.
- EBP. (2018). *Estudio de Movilidad Eléctrica en Chile*. Santiago: Agencia de Sostenibilidad Energética.
- Electromov. (22 de Enero de 2020). *En Chile: lo que viene en regulación para la movilidad eléctrica*. Obtenido de Electromov.cl: <https://www.electromov.cl/2020/01/22/electromovilidad-lo-que-viene-en-regulacion/>
- Environmental Protection Department. (23 de Octubre de 2020). *Promotion of Electric Vehicles in Hong Kong*. Obtenido de Government of Hong Kong Special Administrative Region: https://www.epd.gov.hk/epd/english/environmentinhk/air/prob_solutions/promotion_ev.html
- Fox-Penner, P., Ren, J., & Jermain, D. O. (2019). *Melting the ICE - Lessons from China and the West in the Transition from the Internal Combustion Engine to Electric Vehicles*. Boston: Boston University Institute for Sustainable Energy.
- Funke, S. Á., Sprei, F., Gnann, T., & Plötz, P. (Diciembre de 2019). How much charging infrastructure do electric vehicles need? A review of the evidence and international comparison. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 77, págs. 224-242.
- Gilman, J. (16 de Octubre de 2020). *Taking a Regional Approach to Electric Vehicle Readiness*. Obtenido de Rocky Mountain Institute: https://rmi.org/taking-a-regional-approach-to-electric-vehicle-readiness/?utm_source=linkedin&utm_medium=social&utm_campaign=blog-evreadiness
- Gold, R., Guccione, L., & Henchen, M. (2017). *Customer-Centric Energy System Transformation: A Case Study of the Opportunity with Green Mountain Power*. Rocky Mountain Institute. Obtenido de <http://www.northwesternenergy.com/docs/default-source/documents/customer-vision-stakeholder-group/rmi-report-on-green-mountain-power.pdf>



- Hall, D., & Lutsey, N. (2017). *Emerging best practices for electric vehicle charging infrastructure*. Washington: ICCT.
- Hall, D., & Lutsey, N. (2020). *Electric vehicle charging guide for cities*. Washington: ICCT.
- Hardman, S., Jenn, A., Tal, G., Aksen, J., Beard, G., Daina, N., & Plötz, P. (2018). A review of consumer preferences of and interactions with electric vehicle charging infrastructure. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 508-523.
- He, P., Liang, J., Qiu, Y., Li, Q., & Xing, B. (21 de Septiembre de 2020). Increase in domestic electricity consumption from particulate air pollution. *Nature Energy*. Obtenido de <https://www.nature.com/articles/s41560-020-00699-0>
- ICF Canada. (2020). *Electric Vehicle Home and Workplace Charging Study*. Edmonton, Canada. Recuperado el Septiembre de 2020, de Energy Transition and Utility Supply, City of Edmonton: https://www.edmonton.ca/city_government/documents/PDF/EVHomeAndWorkplaceChargingStudy-2020-03.pdf
- IEA. (2020). *Global EV Outlook 2020*. International Energy Agency.
- INE. (2017). *Censos de Población y Vivienda*. Chile.
- INE. (26 de Octubre de 2020a). *Ingreso laboral promedio mensual en Chile fue de \$620.528 en 2019*. Obtenido de Instituto Nacional de Estadísticas: [https://www.ine.cl/prensa/detalle-prensa/2020/10/26/ingreso-laboral-promedio-mensual-en-chile-fue-de-\\$620.528-en-2019](https://www.ine.cl/prensa/detalle-prensa/2020/10/26/ingreso-laboral-promedio-mensual-en-chile-fue-de-$620.528-en-2019)
- INE. (2020b). *Permisos de circulación*. Obtenido de Instituto Nacional de Estadísticas: <https://www.ine.cl/estadisticas/economia/transporte-y-comunicaciones/permiso-de-circulacion/parque-de-vehiculos>
- ISCI. (2020). *Faro Energético*. Obtenido de ISCI Covid Analytics: <https://covidanalytics.isci.cl/consumoelectrico/#dashboard1>
- Limmer, S. (2019). *Dynamic Pricing for Electric Vehicle Charging—A Literature Review*. *Energies*.
- Mayaud, J. (24 de Enero de 2019). *How growing cities can support at-home electric vehicle charging*. Obtenido de The Conversation: <https://theconversation.com/how-growing-cities-can-support-at-home-electric-vehicle-charging-109780>
- Metropolis. (29 de Enero de 2020). *Applying New Code Standards to Prior-Code Structures: Energy Code*. Obtenido de Metropolis Group, Inc.: <https://metropolisny.com/2020/01/applying-new-code-standards-to-prior-code-structures-energy-code/>
- Ministerio de Desarrollo Social y Familia. (2017). *Base de datos de la Encuesta CASEN*. Obtenido de Observatorio Social, Ministerio de Desarrollo Social y Familia: http://observatorio.ministeriodesarrollosocial.gob.cl/casen-multidimensional/casen/casen_2017.php
- Ministerio de Energía. (2017). *Estrategia Nacional de Electromovilidad*. Obtenido de https://energia.gob.cl/sites/default/files/estrategia_electromovilidad-8dic-web.pdf
- Ministerio de Energía. (2019). *Mapa de Vulnerabilidad Energética*. Obtenido de División de Acceso y Desarrollo Social: https://energia.gob.cl/sites/default/files/documento_de_metodologia_y_resultados_0.pdf
- Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones. (2015). *Información de Transporte Urbano*. Obtenido de Subsecretaría de Transportes: <http://www.mtt.gob.cl/transporteurbano/#>
- Monroy, M. (8 de Octubre de 2019). *\$ 8 millones de subsidio para cambiarse a un auto eléctrico en Chile*. Obtenido de La Tercera: <https://www.latercera.com/mtonline/noticia/8-millones-subsidio-auto-electrico/852860/>
- Myers, E. H., Davidovich, T., & Cutler, H. (2020). *A Regulatory Roadmap for Vehicle-Grid Integration*. Washington, DC: Smart Electric Power Alliance.
- Ofgem. (2018). *Future Insights Paper 5 - Implications of the transition to electric vehicles*. Obtenido de Ofgem: <https://www.ofgem.gov.uk/ofgem-publications/136142>
- Peterson, D. (2011). *Addressing Challenges to Electric Vehicle Charging in Multifamily Residential Buildings*. Los Angeles: UCLA Luskin School of Public Affairs.
- Pollution Probe. (2019). *Zero Emission Vehicle Charging in Multi-Unit Residential Buildings and for Garage Orphans*. Toronto, Canada: Delphi Group.
- Poudineh, R. (2019). *Liberalized retail electricity markets: What we have learned after two decades of experience?* University of Oxford, Oxford Institute for Energy Studies, Oxford.
- Reynolds, A. (4 de Junio de 2019). *Infrastructure, Barriers and Solutions for Plug-In Electric Vehicle Charging*. Obtenido de Berkeley Law: <https://www.law.berkeley.edu/wp-content/uploads/2019/06/Session-2-Barriers-and-Solutions-for-Plug-In-EV-Charging-Infrastructure.pdf>
- Sears, J. F. (01 de Enero de 2014). *Assessment of Level 1 and Level 2 Electric Vehicle Charging Efficiency*. Obtenido de SAGE Journals: <https://doi.org/10.3141/2454-12>
- SEC. (Noviembre de 2019). *Resumen Mensual de la Industria Energética*. Obtenido de Superintendencia de Electricidad y Combustibles: <https://www.sec.cl/sitio-web/wp-content/uploads/2019/12/Informe-SEC-Noviembre.pdf>
- SEC. (30 de Septiembre de 2020a). *Pliego Técnico Normativo RIC N°15*. Obtenido de Superintendencia de electricidad y combustibles: <https://www.sec.cl/sitio-web/wp-content/uploads/2020/10/RIC-N15-Infra-para-la-recarga-de-vehiculos-electricos-Final.pdf>
- SEC. (02 de Septiembre de 2020b). *Transparencia Activa*. Obtenido de Superintendencia de Electricidad y Combustibles: www.sec.cl

- SEC. (30 de Septiembre de 2020c). Trámite Eléctrico 6 (TE-6). Chile.
- Ulrich, L. (16 de Abril de 2020). 'Charger Desert' in Big Cities Keeps Electric Cars From Mainstream. Obtenido de The New York Times: <https://www.nytimes.com/2020/04/16/business/electric-cars-cities-chargers.html>
- Vieweg, M., Bongardt, D., & Taeger, N. (2020). *Enhancing Climate Ambition in Transport - Six Action Recommendations for Policymakers to Align Transport with the Paris Agreement and the Sustainable Development Agenda*. Bonn: GIZ.
- Weiner, S. (10 de Marzo de 2020). *Charging forward: Getting your home electric vehicle ready*. Obtenido de Sanctuary: <https://renew.org.au/sanctuary-magazine/ideas-advice/charging-forward-getting-your-home-electric-vehicle-ready/>
- Wesseling, J., Niesten, E., Faber, J., & Hekkert, M. (01 de Diciembre de 2013). Business Strategies of Incumbents in the Market for Electric Vehicles: Opportunities and Incentives for Sustainable Innovation. *Business Strategy and the Environment*.
- Zhang, X., Xie, J., Rao, R., & Liang, Y. (1 de Noviembre de 2014). Policy Incentives for the Adoption of Electric Vehicles across Countries. *Sustainability (Switzerland)*, 6, págs. 8056-8078.



Anexo A: Glosario

AC: Corriente Alterna, es la corriente eléctrica donde la onda tiene comportamiento sinusoidal, variando cíclicamente con la frecuencia nominal de la red, 50 Hz.

Autonomía: Kilometraje teórico que puede recorrer el vehículo en función de la cantidad de carga que posee el vehículo.

Cable de carga IC-CPD: Dispositivo que suministra energía eléctrica VE, y realiza las funciones de control piloto, proximidad y seguridad. La denominación ICCPD significa In Cable Control and Protection Device.

Carga de acceso público: IC de acceso público que puede estar ubicada tanto en espacios públicos como en privados (e.g. electroliner, centro comercial, hotel, entre otros).

- **Carga pública:** La carga ocurre en estacionamientos ubicados en espacios públicos (bienes públicos o mejor conocidos como BNUP).
- **Carga semi-pública:** Carga pública con limitaciones de acceso. Estas limitaciones se aplican en los horarios de funcionamiento, y/o al tipo de usuario (e.g. solo clientes de un local comercial o vecinos).
- **Electroliner:** Recintos destinados para la carga de VE (equivalentes a las bencineras, que cargan de combustible a los VC).
- **Carga de destino:** Carga que ocurre en lugares de destino (donde el usuario estaciona su vehículo por una hora o más), por ejemplo, oficinas, lugar de trabajo, centros comerciales, restaurantes, cafés, atracciones turísticas, gimnasio, hoteles, entre otras.

Carga de acceso privado: Carga sin acceso público (e.g. residencial, edificios de departamentos, oficinas, flotas privadas, entre otros).

- **Carga residencial:** La carga ocurre mientras el vehículo está estacionado en el hogar. Incluye viviendas individuales, edificios y conjuntos habitacionales.
- **Carga para flotas:** Dedicada a cargar flotas de VE, como por ejemplo flotas de correo, taxis colectivos, cuadrillas de mantenimiento, flotas municipales, entre otros.

Carga inteligente (smart charging): Capacidad de administrar, programar, monitorear y restringir la carga de VE para optimizar la energía en función de la demanda del consumo local (Dvir, 2020). Requiere comunicación en tiempo real entre VE, estaciones de carga y operadores de carga, por lo que para usar carga inteligente en general se requieren cargadores inteligentes, con acceso a internet vía wifi.

Carga sin gestión (dumb charging): En contraste a la carga inteligente, corresponde al tipo de carga que no posee programación, monitoreo ni restricciones automatizadas. Es la carga común que usamos para la mayoría de los dispositivos electrónicos, como el teléfono móvil o el computador portátil.

Ciclo de carga: Proceso completo de carga por sobre el 80% de la batería y descarga por bajo el 20% de su capacidad.

DC: Corriente Directa (o Corriente Continua), esta puede obtenerse mediante conversión de corriente alterna desde rectificadores.

Empalme: Conexión entre la red eléctrica de distribución y el circuito privado.

Modo de carga: Clasificación para cargadores de VE según su nivel de protección (SEC, 2020a)

- **Modo de carga 1:** Conexión de un VE a la red de alimentación de AC de la instalación mediante tomas de corriente, con una intensidad no superior a los 10 A y tensión en el lado de la alimentación no superior a 220 V utilizando conductores activos y protección.
- **Modo de carga 2:** Corresponde a la conexión de un VE a un punto de alimentación de la red eléctrica de AC a través de un cable de carga con protección.
- **Modo de carga 3:** Conexión directa de un VE a la red de alimentación de corriente alterna utilizando un cargador, que provee de energía eléctrica en AC al convertidor AC/DC a bordo del VE y además realiza las funciones de control piloto y proximidad.
- **Modo de carga 4:** Conexión indirecta de un VE a la red de alimentación de corriente alterna utilizando un cargador que incorpora un convertidor AC/DC externo, que provee de energía eléctrica en CC a la batería del VE y además realiza las funciones de control piloto, proximidad y comunicaciones.

IC dedicada: IC que carga el VE a través de los modos 3 y 4.

PC: Punto de Carga (Charging Point). Número de vehículos que se pueden cargar simultáneamente. Por ejemplo, si un cargador puede cargar simultáneamente a dos VE, entonces se cuenta como dos puntos de carga.

- **PC-AC:** Puntos de carga que pueden proveer carga AC.
- **PC-DC:** Puntos de carga que pueden proveer carga DC.

TE-6: Trámite Eléctrico 6. Trámite electrónico específico para instalaciones de carga de vehículo eléctrico a realizarse por un instalador autorizado por la SEC.

V2G: "Del vehículo a red" (vehicle-to-grid). Corresponde a un sistema de gestión de energía de carga de VE bidireccional, en que la energía almacenada en la batería del VE puede ser inyectada a la red en momentos de alta demanda (Dvir, 2020), brindándole distintos servicios.

VC: Vehículo Convencional. Propulsado por un motor de combustión interna.

VE: Vehículo Eléctrico. Propulsado por un motor eléctrico. En esta definición incluimos los VE con batería e híbridos enchufables. Dejamos fuera de esta definición los vehículos híbridos no enchufables.

Anexo B: Detalles de metodologías y supuestos

Figura 1: Consideramos los PC de acceso público declarados en el TE-6 hasta el 30 de Septiembre (SEC, 2020c). Los VC corresponden a la suma de vehículos de motor bencinero, diésel y a gas, a partir de los permisos de circulación de vehículos livianos y medianos (INE, 2020b). Los VE consideran eléctricos con batería e híbridos enchufables. Los números de VE se obtienen aplicando la distribución de permisos de circulación de VE livianos y medianos por comuna (INE, 2020b) al total de VE e híbridos enchufables informados a Agosto (ANAC, 2020). Un PC se considera como la cantidad de cargas simultáneas posibles por cargador (PC-DC cantidad de cargas simultáneas en DC y PC-AC cantidad de cargas simultáneas en AC).

Figura 2: Respecto a los datos nacionales, tomamos en cuenta los PC de acceso público declarados hasta el 30 de Septiembre (SEC, 2020c). Al total de VE e híbridos enchufables (ANAC, 2020) se le aplicó la distribución de los VE por región a partir de los permisos de circulación (INE, 2020b), considerando sólo vehículos livianos y medianos. Para los casos internacionales, usamos datos del potencial de carga residencial a partir de Fox-Penner, Ren, & Jermain (2019), y para los demás indicadores utilizamos los datos por estado en el caso de Los Ángeles (California) y por país correspondiente para las otras localidades, obtenidos de Funke, Sprei, Gnann, & Plötz (2019).

Figura 3: Para las proyecciones utilizamos los datos de tres informes de acceso público (EBP, 2018; E2BIZ, 2017; E2BIZ, 2019) y los datos reales fueron obtenidos de ANAC (2020).

Figura 4: Utilizamos un modelo Nissan Leaf ZE1 modelo 2018 (también se realizaron los cálculos para un BMW i3 120A y un Hyundai Ionic, y los resultados son similares), con batería de 40 kWh, rendimiento de 5,3 km/kWh, máxima carga en AC de 6,6 kW y autonomía eléctrica 212 km. Se supone carga lineal (los datos del Nissan Leaf de la Agencia sugieren que la carga es lineal durante todo el periodo de carga y la carga no lineal, aunque existe, se da para carga en DC para potencias > 15 kW) con una eficiencia del 85% (Sears, 2014).

Se considera que la carga que se realiza en el hogar se ve limitada por la capacidad de la batería (y que la carga máxima en el hogar por la noche corresponderá a un ciclo de carga). La potencia de carga requerida se calcula según el tiempo disponible para cargar (8 horas, entre 11pm y 7am).

Estimamos las necesidades de carga del VE en tres escenarios distintos de demanda, en función a los kilómetros recorridos al día:

1. **Caso bajo:** Se busca satisfacer la carga para un día promedio de un usuario promedio, correspondiente a 18 km diarios. Para esta estimación, consideramos a partir de la distancia media por viaje de vehículos motorizados en el Gran Santiago dos viajes de 9 km cada uno (Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones, 2015).

2. **Caso medio:** Se busca satisfacer la carga para los días de alto uso de un usuario promedio. Considerando un viaje ida y vuelta entre Providencia y Santiago (6 km cada tramo) y luego entre Providencia y Colina (36 km cada tramo), en total 84 km diarios.
3. **Caso alto:** Se busca satisfacer la carga de un usuario particular de alto recorrido, el cual recorre 200 km diarios.

Las estimaciones anteriores no buscan alcanzar un gran nivel de precisión, sino que entregar los órdenes de magnitud de la barrera.

A partir de las curvas de consumo horarias de hogares en algunas comunas de Santiago, determinamos que para la carga nocturna (entre 11pm y 7am) la holgura de potencia es en promedio de 44% con respecto al máximo consumido por estos clientes residenciales (ISCI, 2020). Adicionalmente, se asume que existe un 30% de margen entre el máximo consumido y la capacidad del empalme. Finalmente, los requerimientos de potencia asociados a los tres escenarios de kilómetros recorridos, se aplicaron a los datos de capacidad de empalme (potencia contratada) de clientes residenciales en el país (SEC, 2020b), determinando la cantidad de clientes que no poseen la capacidad de empalme suficiente para la carga del VE.

Figura 5: El año 2004 entró en vigencia la versión más reciente de la normativa eléctrica chilena para instalaciones de baja tensión. La cantidad de viviendas (sin considerar colectivas) fuera de norma fue aproximada a partir los datos del Censo, considerando como fuera de norma el resultado de la resta entre las viviendas de los años 2017 y el 2002 (INE, 2017).

Figura 6: El potencial de carga residencial corresponde a las casas que, suponemos, es muy probable que tengan estacionamiento accesible desde la vivienda. Consideramos que el 100% de las casas aisladas (no pareadas) y semi-pareadas (pareadas por un lado) poseen estacionamiento privado accesible desde la vivienda. Aunque los departamentos en edificios posean estacionamientos, no los consideramos como viviendas con potencial de carga residencial, por todas las limitaciones que existen en edificios. Por lo anterior, el indicador se calcula como el porcentaje de casas aisladas (no pareadas) y semi pareadas (pareadas por un lado), con respecto al total de viviendas (sin considerar colectivas). Los datos de tipo de vivienda fueron obtenidos por comuna a partir de la encuesta Casen (Ministerio de Desarrollo Social y Familia, 2017), y luego los porcentajes, se aplicaron al total de viviendas por comuna obtenido a partir del Censo (INE, 2017), sin considerar viviendas colectivas.

Figura 10: Los clientes residenciales son agrupados por potencia contratada (SEC, 2020b). Los intervalos corresponden a la carga a 10 A, 25 A, 32 A y 40 A.



Agencia de Sostenibilidad Energética



Agencia de
Sostenibilidad
Energética



Monseñor Nuncio Sótero Sanz N° 221, Providencia, Santiago - Chile
+56 2 2571 2200 | www.agenciase.org | info@agenciase.org