



Reporte del

Seminario Técnico de

ELECTROMOVILIDAD



Agencia de
Sostenibilidad
Energética

www.agenciase.org

© **Agencia de Sostenibilidad Energética**

"Reporte del Seminario Técnico de Electromovilidad" 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.

Autora:

Carolina Parra Miranda, Agencia de Sostenibilidad Energética

Revisión y edición:

Cristina Victoriano Bugueño, Agencia de Sostenibilidad Energética

Gabriel Guggisberg Alarcón, Agencia de Sostenibilidad Energética

Margarita Amaya Torres, Agencia de Sostenibilidad Energética

Ignacio Rivas Zeballos, Agencia de Sostenibilidad Energética

Javier Rojas Jeanneret, Agencia de Sostenibilidad Energética

Diseño gráfico:

Carolina Parra Miranda, Agencia de Sostenibilidad Energética

Derechos reservados

Prohibida su reproducción

Agosto, 2021

ÍNDICE

Contexto.....	06
Resumen Ejecutivo.....	07
Seminario Técnico de Electromovilidad - Cifras.....	08
Universidades Participantes.....	09

SECCIONES:

1. Electromovilidad en el contexto Chileno.....	10
2. Soluciones Digitales y Tecnológicas.....	14
3. Infraestructura de Carga.....	20
4. Redes Eléctricas.....	24
Palabras Finales.....	28
Agradecimientos.....	29

Mg. Ignacio Santelices

Director Ejecutivo
AgenciaSE



“

Es notable todo lo que se ha avanzado en electromovilidad en los últimos años y, en este avance, el rol de la AgenciaSE ha sido articular actores; empresas, emprendedores, universidades, sector público; para llevar adelante diversas iniciativas de movilidad eléctrica, como pilotos en empresas a través de la Aceleradora de Electromovilidad, recambio masivo de taxis eléctricos, desarrollo y difusión de guías y pruebas tecnológicas, despliegue de infraestructura de carga, entre otras”.





Mg. Cristina Victoriano

Jefa

Área Transporte Eficiente

AgenciaSE



El despliegue de una tecnología nueva y aún en desarrollo plantea diversos desafíos, quizá el más importante de ellos sea el lograr que todos los elementos que conforman el ecosistema de Electromovilidad funcionen de forma armónica y colaborativa en beneficio de nuestra comunidad. Avanzaremos más rápido en la masificación de la Electromovilidad si trabajamos de forma colaborativa: si aquellos que van descubriendo las barreras y dificultades en el camino, pueden contar con el apoyo de quienes buscan soluciones y respuestas a estos desafíos. Nuestra vocación es la de buscar esa colaboración, generar los espacios y así entre todos lograr el despliegue de esta tecnología que creemos tiene mucho que aportar a la eficiencia energética y sustentabilidad del sector transporte en nuestro país”.

CONTEXTO

Para la correcta incorporación de la electromovilidad en las flotas públicas y privadas, según la **Estrategia Nacional de Electromovilidad** del ministerio de Energía, es necesario que el país cuente con capital humano en cantidad suficiente y adecuadamente capacitado para enfrentar los desafíos que se presentarán.

En primer lugar, y quizás más evidentemente, se requiere que el mercado laboral esté en condiciones de ofrecer técnicos y profesionales preparados para atender las necesidades de mantenimiento eléctrico y mecánico de los vehículos, así como otras labores relacionadas de operación de los vehículos, operación y mantenimiento de la red de carga, etc. En segundo lugar, se requiere también de profesionales capaces de enfrentar los desafíos más estratégicos relacionados con la red de carga, con la regulación y definición de estándares y con la investigación necesaria para generar y aplicar el conocimiento a los desafíos anteriores.¹

El objetivo de la **Agencia de Sostenibilidad Energética** es tanto implementar políticas públicas en temas de sostenibilidad energética como articular actores públicos y privados para aumentar el alcance de estas políticas públicas. A través de su trabajo en distintos proyectos e iniciativas se identifican desafíos para el avance de la electromovilidad en Chile. Actualmente, desde el equipo Transporte Eficiente, se está trabajando en generar instancias de vinculación y colaboración con el ámbito académico.

1. Estrategia Nacional de Electromovilidad. Ministerios de Energía, Transportes y Telecomunicaciones y Medio Ambiente (2017).

RESUMEN EJECUTIVO

Las metas de adopción de la electromovilidad en Chile son desafiantes y el capital humano es una parte fundamental de su desarrollo. Desde el equipo de Electromovilidad se ha impulsado la sostenibilidad en diversas líneas de proyectos:

- Despliegue de infraestructura
- Proyectos demostrativos
- Aceleradora de Electromovilidad
- Transporte público eléctrico (E-Taxis)

Consideramos que nos faltaba esa conversación ampliada con el ámbito académico y fue así como nació la idea de generar un evento que nos vinculara con la academia. Quisimos responder las preguntas: ¿En qué se encuentra el mundo académico?, ¿Cuáles son los temas de investigación en que están las y los profesores de Chile?, ¿De qué forma están desarrollando las soluciones a los desafíos de la electromovilidad?

El **Seminario Técnico de Electromovilidad** fue un programa que tuvo como objetivo reunir a las académicas y los académicos chilenos de distintas Universidades, que investigan temáticas en torno a la electromovilidad en una jornada virtual de un día.

A través de este evento y lo que esperamos reflejar en este documento es que el mundo de la electromovilidad es un gran ecosistema que requiere ser analizado desde todas sus aristas, tanto para integrar las capas tecnológicas y técnicas, como para establecer colaboraciones y propagar conocimientos entre los actores que lo componen. El presente documento es una compilación de los estudios presentados en el Seminario y se han categorizado según su contenido. Cabe destacar que los resúmenes de cada expositor se encuentran clasificados según presentación, proyecto, estudio o paper.



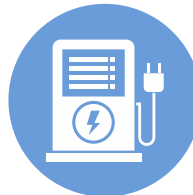
Sección 1

1. En esta sección se presentan la propuesta de Valor desde el equipo de Electromovilidad en la AgenciaSE y los principales aprendizajes del Programa de Renovación de Taxis Eléctricos.



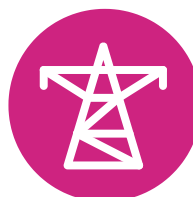
Sección 2

2. En esta sesión se exhiben diversas soluciones asociadas a los componentes y aplicaciones de los vehículos eléctricos: como son los convertidores eléctricos, reutilización de baterías y la transformación digital.



Sección 3

3. Se destacan las herramientas para la toma de decisiones para infraestructura de carga de vehículos eléctricos a través de las oportunidades de colaboración AgenciaSE – Academia. Además, se presentan dos líneas de investigación alineadas con esta temática como son los estudios en V2G y un estudio de la ubicación de puntos de carga para vehículos eléctricos particulares en el norte de Chile.



Sección 4

4. Se presentan diversas miradas de los recursos energéticos distribuidos y además el impacto de los vehículos eléctricos en redes eléctricas de distribución.

SEMINARIO TÉCNICO DE ELECTROMOVILIDAD

A continuación se presentan las cifras del Seminario Técnico de Electromovilidad desarrollado por la AgenciaSE:



1 día de
seminario



9 horas de
transmisión



15 expositores
en total



3
mujeres



12
hombres



11 Universidades
participantes



6 regiones
del país



+410 Personas
inscritas



Escanea este
código para
revisar el evento.

Universidades Participantes



Figura 1. Universidades que participaron en el Seminario Técnico de Electromovilidad AgenciaSE.



1

SECCIÓN 1

**ELECTROMOVILIDAD
EN EL CONTEXTO
CHILENO**

Propuesta de Valor desde el equipo de Electromovilidad en la AgenciaSE

Presentación

Keywords: Innovación, Apalancar, Coordinación de actores, Visión País

La propuesta de valor de la **AgenciaSE** ha evolucionado desde cuatro elementos generales como Desarrollo de Proyectos, Desarrollo de Mercado, Innovación, Reducción de Asimetrías, a enfocarse en elementos concretos de la electromovilidad.

Estos elementos concretos con los que hoy se trabajan son:

- Transporte Público
- Industria Estratégica
- Nuevas Ciudades
- Sector Público
- Políticas Públicas
- Desarrollo de Mercado

El motivo de esta evolución es el **posicionamiento** que la organización ha tenido en el ecosistema nacional.

Actualmente, la AgenciaSE no solo presenta iniciativas concretas para potenciar la electromovilidad, si no que también es un receptor de fondos nacionales e internacionales para abordar desafíos como la interoperabilidad, la transición tecnológica del transporte público liviano, y la innovación transversal en cooperación con CORFO y otros actores públicos para abordar las brechas de desarrollo de esta.

“

Estamos interviniendo ciudades, por lo tanto tenemos que pensar que no solamente la ingeniería es algo importante. El lado humano y social, es algo que debemos potenciar, desde la multidisciplinariedad de los proyectos”.



Mg. Gabriel Guggisberg
Coordinador Electromovilidad
AgenciaSE

Adicionalmente, la AgenciaSE ha tomado un rol clave en trabajar directamente con los usuarios finales y los “**early adopters**” tratando de encontrar aquellos proyectos que hoy podrían ser referentes de la transición en Chile, esto mediante la creación de Aceleradoras, tanto la de electromovilidad como también la de Hidrógeno Verde.

Finalmente, la organización ha tomado el desafío de llevar al papel todos los aprendizajes, y de poner de manera digitalizada todos los datos, por esto podrán encontrar toda la información en las webs **www.agenciase.org** como también en **www.ecomovilidad.cl**, y toda la información la podrán encontrar en un dashboard que esperamos publicar prontamente.

www.ecomovilidad.cl

Aprendizajes del Programa de Renovación de Taxis Eléctricos

Presentación

Keywords: Electromovilidad, Transporte Público Menor, Taxis Eléctricos, Infraestructura de Carga, Monitoreo de Baterías, Programa de Recambio, Subsidio

RTC: Renueva tu Colectivo
MTE: Mi Taxi Eléctrico
SAVE: Sistema de Alimentación de VE
VE: Vehículo Eléctrico
VCI: Vehículo a Combustión Interna

El programa “**Mi Taxi Eléctrico**” del Ministerio de Energía busca gatillar el recambio de 50 taxis básicos VCI por VE en la provincia de Santiago, con el objetivo de desencadenar la adopción de la electromovilidad en el segmento del transporte público menor. Este programa considera una disminución del precio unitario de compra de los vehículos mediante la lógica de compra agregada (llegando en esta versión a los \$21,6MM), incorporando además un cofinanciamiento

(monto no reembolsable) de hasta \$8.000.000 por la compra del vehículo, la entrega e instalación de un SAVE residencial (de ~7kW) de manera gratuita para el beneficiario y reportes mensuales de monitoreo de las variables eléctricas de la batería por 1 año.

La lógica de cofinanciamiento busca disminuir el precio como principal barrera de entrada a la electromovilidad y tiene las siguientes particularidades: es un programa para taxis básicos de la provincia de Santiago; el cofinanciamiento MTE se paga al momento de la compra, disminuyendo el precio de entrada; el monto de cofinanciamiento es un monto variable entre \$0 y \$8.000.000, priorizando en la evaluación los postulantes que soliciten un monto menor para ganar un cupo dentro del programa; y se incorpora un SAVE residencial dentro de los beneficios, abordando la falencia de infraestructura de carga pública para el transporte público menor.

Los principales aprendizajes son:

1) El cofinanciamiento promedio solicitado al programa es de \$7,76MM con una desviación de \$0,42MM, lo cual indica que es necesario aún mantener un incentivo económico que equipare el precio de un VE con un VCI.



2) Para el pago del VE, el 30% de los postulantes demostró tener capacidad de pago con ahorros personales por \$13,6MM o más, el 10% fue evaluado favorablemente por un crédito total de \$13,6MM o más; y el 31% que optó por un cofinanciamiento mixto (ahorros más crédito) fue evaluado por un crédito promedio de \$7,4MM y demostró ahorros promedios de \$6,5MM. Finalmente, un 30% de los postulantes no fue capaz de demostrar capacidad de pago por el vehículo eléctrico.

3) El gremio de taxistas evalúa la inversión de un taxi en función de sus flujos diarios de dinero y no como un proyecto a 5 años (tiempo promedio de recambio de un taxi), lo cual hace difícil demostrarles los ahorros de hasta \$10MM que pueden tener en este plazo con un VE. Esto mismo sucede con instituciones financieras, quienes sólo evalúan la inversión inicial, sin considerar el aumento posterior de los ingresos por el recambio tecnológico.

4) Debido a malas experiencias anteriores (recambio de motores bencineros y diésel por gas), existe una desconfianza por las nuevas tecnologías. Esta barrera fue posible derribarla a través de **Test Drives**, actividades presenciales para conocer y manejar el vehículo, junto a técnicos especializados que pudiesen resolver todas sus dudas.

Ing. Javier Rojas

Jefe de proyecto
Mi Taxi Eléctrico
AgenciaSE



“Esperamos que estos 50 autos permitan acercar la tecnología a los usuarios y que permitan gatillar la incorporación de la electromovilidad en el segmento del transporte de pasajeros. Es importante derribar las barreras ya que como país tenemos una meta desafiante”.

5) Pese a que el supuesto original fue que un 35% de los postulantes no tendría las condiciones técnicas para instalar un cargador de ~7kW, en la práctica sólo un 1,2% de los postulantes evaluados técnicamente fue rechazado. De los postulantes aprobados, un 31% tiene las condiciones técnicas necesarias para que se instale el cargador mediante un aumento de empalme, mientras que en un 62% de los casos se deberá construir un nuevo empalme.

6) El costo promedio ofrecido para la construcción de SAVE con distancia de canalización de 30m fue de \$1.785.000 para instalaciones con empalme y de \$1.755.00 con el mismo empalme y un SGC. Estos valores no tienen una gran diferencia ya que existe un aumento del costo al realizar ofertas sin realizar visita técnica. Los costos podrían reducirse si se entiende mejor las instalaciones de antemano.

7) El costo promedio de los cargadores fue de \$780.000, con una desviación de \$250.000, lo que habla de una oferta competitiva dentro de los requerimientos mínimos solicitados por el programa, como wifi, comunicación OCPP o regulación de potencia.

8) El monitoreo es fundamental para generar conocimiento tecnológico en el gremio y cuantificar los beneficios económicos de la tecnología, la cual es desconocida para la mayoría de los taxistas. Así mismo, ayuda a disminuir la desconfianza en la electromovilidad.

9) Una de las dificultades de la implementación del sistema de monitoreo es la obtención de las especificaciones de comunicación CAN del vehículo, información sensible de los fabricantes, que permite interpretar los datos extraídos del vehículo. Así mismo, dado que los VE son una tecnología que se ha desarrollado en el último tiempo, las soluciones de monitoreo no abarcan información específica de la tecnología, por lo que aún es necesario desarrollarlo "in-house".



2

SECCIÓN 2

**SOLUCIONES
TECNOLÓGICAS Y
DIGITALES**

Control de accionamientos en vehículos eléctricos

Proyecto

Keywords: motores, vehículo eléctrico, torque, eficiencia.

Dentro del estudio de los accionamientos para vehículos eléctricos, uno de los factores de mayor relevancia es la **eficiencia**. Esta eficiencia se debe evaluar considerando ciclos de conducción estandarizados.

Por otro lado, los motores utilizados en vehículos típicamente poseen un gran número de polos magnéticos, con el fin de incrementar la capacidad de torque. Sin embargo, debido a esto, las frecuencias de operación de estas máquinas eléctricas son altas, especialmente en alta velocidad. Esto puede provocar serios problemas (torque pulsante) si es que la frecuencia de conmutación del inversor de potencia que acciona la máquina no es lo suficientemente elevada (mayor a 10-15 veces la frecuencia fundamental). Otro de los tópicos que se presentaron fueron los problemas ocasionados por esta situación y sus posibles soluciones.

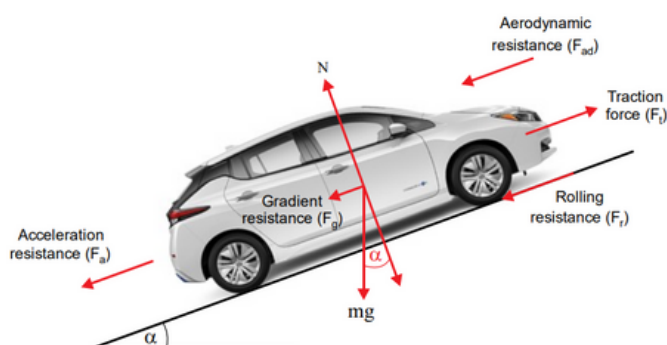


Figura 2. Fuerzas actuando sobre un vehículo.

Existen grandes desafíos en términos de la modulación y la medición de la posición al utilizar máquinas con elevado números de polos".



Dr. Javier Riedemann Aros

Research Associate

University of Sheffield, UK

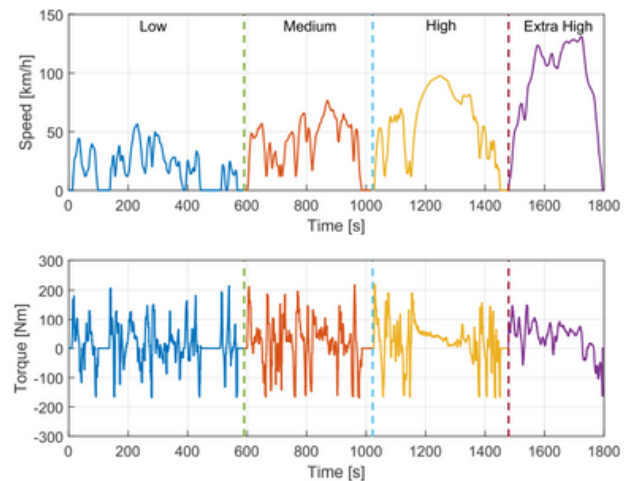


Figura 3. (a) Ciclo de conducción WLTC.

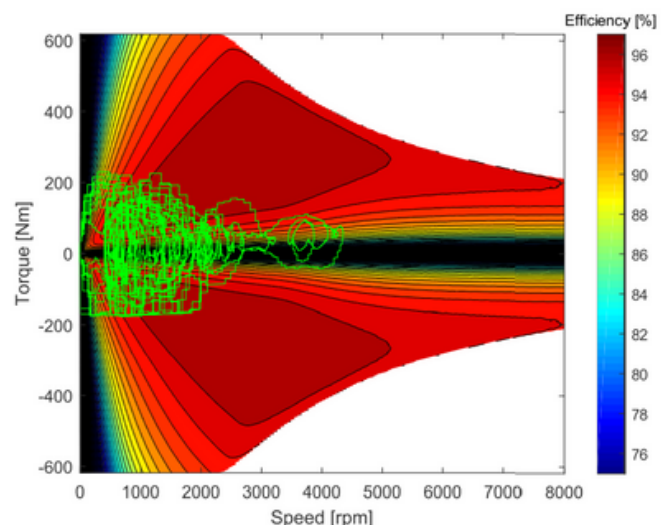


Figura 3. (b) Trayectoria del torque dentro del mapa de eficiencia del motor.

A Modular Multilevel Series/Parallel Converter for a Wide Frequency Range Operation

Paper

Keywords: Low-frequency operation, modular-multilevel converter, voltage ripple.

Authors: Zhongxi Li , Student Member, IEEE, Ricardo Lizana F. , Member, IEEE, Zhujun Yu , Sha Sha, Angel V. Peterchev , Senior Member, IEEE, and Stefan M. Goetz , Member, IEEE.

When providing ac output, modular multilevel converters (MMCs) experience power fluctuation in the phase arms. The power fluctuation causes voltage ripple on the module capacitors, which grows with the output power and inversely to the output frequency. Thus, low-frequency operations of MMCs, e.g., for motor drives, require injecting common-mode voltages and circulating currents, and strict dc voltage output relative to ground is impossible.

“

La diversidad de fuentes de almacenamiento de energía y su integración conjunta, aparece como un desafío clave para el desarrollo de la electromovilidad enfocada en aplicaciones industriales”.



Dr. Ricardo Lizana

Universidad Católica de la Santísima Concepción

(To address this problem, this paper introduces a novel module topology that allows parallel module connectivity in addition to the series and bypass states. The parallel state directly transfers power across the modules and arms to cancel the power fluctuations and hence suppresses the capacitor voltage ripple. The proposed series/parallel converter can operate at a wide frequency range down to dc without common-mode voltages or circulating currents; it also allows sensorless operation and full utilization of the components at higher output frequencies. We present detailed simulation and experiment results to characterize the advantages and limitations of the proposed solution.



Reduced Multilevel Converter: A Novel Multilevel Converter With a Reduced Number of Active Switches

Paper

Keywords: DC-AC power conversion, model predictive control, multilevel converters, variable dc link.

Authors: Margarita Norambuena , Senior Member, IEEE, Samir Kouro , Senior Member, IEEE, Sibylle Dieckerhoff , Member, IEEE, and Jose Rodriguez , Fellow, IEEE.

This paper presents a new multilevel converter topology based on a variable or multilevel dc-link stage. This stage is shared by all inverter output phases, thus increasing the number of output voltage levels while reducing the overall number of active devices compared to traditional topologies; therefore, it is called a reduced multilevel converter (RMC).

“

En este trabajo se presentó una nueva topología para un control efectivo de los packs de batería de un vehículo eléctrico con el fin de lograr una mejor autonomía”.



Dra. Margarita Norambuena

Universidad Técnica Federico Santa María

The converter is not capable of reducing the blocking voltage of the devices; hence, unlike other multilevel converters aimed at medium-voltage applications, this converter is interesting for low-voltage- and high-powerquality-demanding applications such as photovoltaic inverters, wind energy conversion systems, and uninterruptible power supplies.

The main novelty behind the proposed concept is the basic dc cell used to generate the variable dc-link voltage, which includes a controlled path through the floating capacitors to provide the necessary degree of control to enable a shared multilevel dc link for all the output phases of the converter.



Cargador de Vehículos y Buses Eléctricos con Baterías de Segunda Vida para Infraestructura de Carga Inteligente

Proyecto

Keywords: reutilización, baterías, infraestructura de carga inteligente.

La irrupción de la electromovilidad trae desafíos importantes en la disposición de las baterías y la infraestructura de carga, incluyendo el sistema eléctrico que se verá presionado por la llegada de grandes volúmenes de carga, por el retiro de las plantas de carbón, y por el incremento de las renovables variables. La disposición de las baterías de litio es un tema complejo considerando la complejidad en su reciclaje y su crecimiento exponencial.

Este proyecto busca dar una **segunda vida** a las baterías que son retiradas de los vehículos a través de un cargador con almacenamiento de energía, que por un lado permita una demanda inteligente, reduciendo los precios por potencia, y por otro lado de flexibilidad en la utilización de infraestructura eléctrica a través de múltiples servicios complementarios.

La propuesta es una solución a tres problemáticas, pero representa desafíos técnicos y económicos relevantes, los cuales son resueltos a través de tecnología de punta que permite el uso de baterías de distinta química y degradación.

“Los objetivos de este proyecto son generar una solución viable económicamente, reutilizar en vez de reciclar, reducir el impacto de la infraestructura de carga y, por otro lado, lograr un sistema de carga flexible e inteligente”.

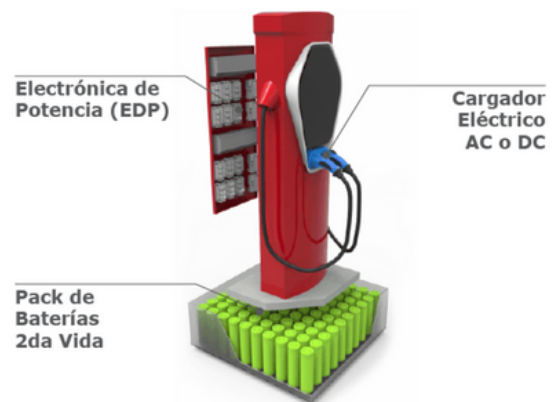


Dr. Javier Pereda

Pontificia Universidad Católica de Chile

Esto es posible con algoritmos inteligentes en la evaluación del estado de la batería y con un nuevo cargador modular y flexible.

Cargador modular con capacidad de almacenamiento de energía



Cargador + EDP + Baterías

- Almacenamiento de Energía.
- Gestión de tarifa inteligente.
- Posibilita carga rápida.
- Extiende puntos de carga lenta.
- Facilmente escalable en energía.

Figura 4. Cargador modular con capacidad de almacenamiento de energía.

Transformación Digital en Electromovilidad: Investigación y Desarrollos Aplicados

Presentación

Keywords: modelos térmicos, algoritmos, tecnologías digitales.

La transformación digital, como proceso que integra las tecnologías digitales en todos los aspectos de los negocios, forma parte de la 4ta revolución industrial. Esta transformación representa un desafío y una oportunidad de mejora para un amplio rango de industrias y servicios.

En este contexto de transformación se busca lograr un mejor aprovechamiento y desempeño de nuevos servicios de movilidad basados en tecnologías de electromovilidad. Para lograr lo anterior, se requiere de capacidades de modelamiento, desarrollo de algoritmos, adquisición, procesamiento y análisis de datos provenientes de los distintos sistemas o componentes que forman parte de las tecnologías digitales en la electromovilidad.



La temperatura juega un rol muy importante en el rendimiento o autonomía que podríamos ver del vehículo y también en lo que es vida útil y es parte clave de alguna forma del diseño de nuevos módulos o arreglos, incluso en segunda vida, tal vez, porque de alguna forma se está perdiendo energía al generar calor y al tener modelos que permitan representar eso, yo podría gestionar de mejor forma esas pérdidas de energía por calor".



Dr. Williams Calderón
Universidad de Chile

En esta presentación se explicaron las líneas de investigación de transformación digital en electromovilidad desarrolladas en la Universidad de Chile. Estas líneas tienen por objetivo desarrollar capacidades de modelamiento y análisis de datos para mejorar el desempeño y capacidades de gestión de la operación de sistemas y/o componentes de tecnologías de electromovilidad.

Se describieron los avances en el desarrollo de modelos térmicos de baterías de litio, algoritmos para el diseño de sistemas de integración de 2da vida de baterías, algoritmos para el desarrollo y/o estimación de estado de salud de baterías SoH, desarrollos de Digital Twins de baterías y vehículos eléctricos, y desarrollo de metodologías de análisis y estimación de consumos por climatización en vehículos eléctricos.



3

SECCIÓN 3

**INFRAESTRUCTURA
DE CARGA**

Herramientas para la toma de decisiones para infraestructura de carga de vehículos eléctricos: Oportunidades de colaboración

AgenciaSE - Academia

Presentación

Keywords: Herramientas, infraestructura de carga pública, vehículos eléctricos, localización, toma de decisiones.

La carga de acceso público es condición necesaria para acelerar la penetración de vehículos eléctricos (VE), en particular, en zonas urbanas densas donde existe un bajo potencial de carga residencial. En ese sentido, la infraestructura de carga pública (ICP) también es condición necesaria, ya que sería impensable desplegar la infraestructura de carga (IC) de acceso público solo utilizando terrenos privados. Por ejemplo, en zonas con espacios privados limitados, y zonas de alta densidad donde los usuarios suelen estacionar en la vía pública, difícilmente se logre satisfacer la demanda por carga de acceso público sin hacer uso de espacios públicos.

Sin embargo, la Agencia ha observado que en algunos casos, los tomadores de decisión locales no tienen total claridad de cómo tomar decisiones sobre el despliegue de ICP, ni de los objetivos de política pública asociados (o la falta de esta). Lo anterior, genera atrasos, incertidumbre y sobre costos en los proyectos de ICP, como también, dificulta el desarrollo de una red de ICP óptima desde el punto de vista de los objetivos de política pública.

En el caso chileno, el Estado ya está involucrado en la toma de decisiones de infraestructura de carga pública, ya que son las municipalidades las que tienen la facultad de permitir (o no) el uso del espacio público para instalar una estación de carga. Por lo tanto, el Estado, a través de las municipalidades, puede entregar ciertas orientaciones sobre dónde y cómo desplegar esa infraestructura de carga".



Mg. Ignacio Rivas
AgenciaSE

En el mundo, se han realizado varios esfuerzos para caracterizar las necesidades de carga pública de acuerdo a distintos indicadores. Sin embargo, las necesidades de infraestructura de carga pública dependen de las particularidades de cada país/ciudad. La cantidad de cargadores públicos, sus potencias, su ubicación, y la temporalidad en que son necesarias, dependen de factores económicos, urbanos, socioculturales, geográficos, mercado de VEs, entre otros. Incluso, también depende del uso del vehículo que se electrifique primero, por ejemplo, los requerimientos de carga de acceso público pueden ser mucho mayores en el caso de un taxi en comparación con un usuario que recorre una baja cantidad de kilómetros diarios.

A pesar de lo complejo de estimar las necesidades de ICP, se puede orientar de manera general a partir de cuatro preguntas: ¿Cuándo? ¿De qué tipo? ¿Cuánto? Y ¿Dónde? En la Agencia estamos trabajando en distintas herramientas para apoyar la toma de decisiones sobre ICP en una etapa temprana del desarrollo de la electromovilidad en Chile. Como Agencia, tenemos avances en ¿Cuándo? ¿De qué tipo? ¿Dónde?, sin embargo, estamos buscando oportunidades de colaboración con la academia para orientar el ¿Cuántos?

Ubicación de puntos de carga para vehículos eléctricos particulares en el tramo La Serena-Antofagasta

Estudio

Keywords: Electromovilidad, Vehículos Eléctricos, Infraestructura de Carga, Electrolineras.

Autores: Pedro Alberto Carrasco Zapata ,
Profesor Patrocinante: Jorge Rabanal Arabach, PhD.

El presente trabajo aborda la problemática que se genera para la instalación de infraestructura de carga para vehículos eléctricos en el tramo comprendido entre la ciudad de La Serena y la de Antofagasta en el norte de Chile, con una extensión de 870km aproximadamente. Cabe recalcar que las actuales autonomías promedio de los vehículos eléctricos que circulan en el país, no permiten completar el viaje en su totalidad, específicamente por dos razones:

- (1) no tienen la capacidad energética suficiente en sus bancos de baterías,
- (2) no existe continuidad de puntos de recarga en carretera para el trayecto antes descrito.

Así, se propone una heurística para determinar la ubicación más apropiada para instalar estaciones de recarga de vehículos eléctricos livianos en el tramo comprendido entre la ciudad de La Serena y la ciudad de Antofagasta. A través de un proceso de jerarquía analítica, utilizando información de infraestructura ya existentes, redes viales, tendido eléctrico, terrenos disponibles, condiciones de relieve e

Los resultados obtenidos indican que existen áreas de interés en el tramo entre la Serena y Caldera, esto dado la mayor infraestructura existente en esta parte de la ruta".



Dr. Jorge Rabanal Arabach
Universidad de Antofagasta

introduciendo las variables de costos, todo lo anterior, apoyado por un sistema de información geográfico usando SIRGAS-Chile. Se incorpora la red vial Nacional de Chile y cuatro capas para toma de decisiones: infraestructura base (Capa A), autonomía promedio de las baterías (Capa B), pendiente y relieve (Capa C), y distancia al punto (probable) de conexión eléctrica (Capa D).

Como resultado del estudio se presenta un mapa con los puntos recomendados para la instalación de las electrolineras. Una de las características más relevantes de la selección es la infraestructura existente (obra civil), que considera el espacio para estacionamiento y alumbrado público requeridas en términos normativos y de seguridad, áreas de servicios (baños y de alimentación) incluidas para dar confort al usuario considerando los tiempos de espera en las recargas del vehículo, ya que constituyen una inversión a realizar en comparación de una ubicación que no presente ninguna obra de base. Los lugares de servicios de alimentación adyacentes a la carretera, como restaurantes y posadas, deberían eventualmente ser considerados para analizar un proyecto de instalación de electrolineras. La definición de 100±20km de autonomía coincide con áreas completamente despobladas en medio del desierto. Por lo que la inclusión de infraestructura como zonas de descanso serán fundamentales para lograr viajes entre los tramos Chañaral y Antofagasta.

Control de Convertidores Electrónicos en Infraestructura de Recarga de Vehículos Eléctricos para Desarrollo de Servicios Vehicle-to-Grid

Estudio

Keywords: Vehicle-to-Grid, Carga rápida, Station-to-grid.

Los convertidores electrónicos en infraestructura de recarga de vehículos eléctricos ofrecen flexibilidad y posibilidad de desarrollo de servicios a la red eléctrica. Es posible el soporte de inercia, regulación de frecuencia y soporte de congestión a través de la inyección de potencia activa desde las baterías del VE, lo que se conoce como **Vehicle-to-Grid (V2G)**.

El V2G nace de la necesidad de poder usar la energía almacenada en los vehículos eléctricos. Si pensamos que un auto tiene aproximadamente 50KWh en su batería, y que en unos años tendremos millones de éstos, nace la pregunta de cómo yo podría hacer que esta energía apoye a la red eléctrica. Habitualmente, la energía va desde la red hasta el auto, lo que es conocido como V1G. El V2G implica que ahora la interacción es bidireccional y energía del auto puede ir a soportar la red mejorando la flexibilidad del sistema".



Dr. Matías Díaz

Universidad de Santiago de Chile

Además, es posible desarrollar otros servicios que no requieren de potencia activa adicional, como por ejemplo mitigación de armónicos, inyección de potencia reactiva y compensación de tensión. En esta presentación se describieron los requerimientos básicos de control de electrónicos para estos fines y se detallan algunos avances realizados en esta temática en la Universidad de Santiago de Chile.

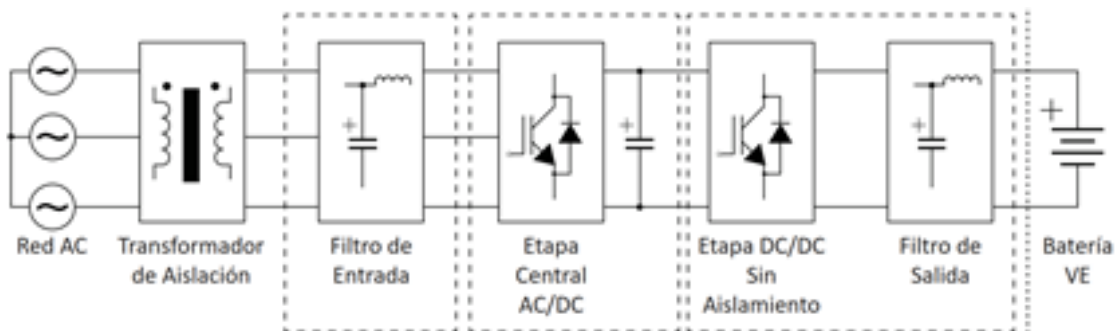


Figura 5. Estructura eléctrica de un cargador rápido de vehículos eléctricos.



4

SECCIÓN 4 REDES ELÉCTRICAS

Real-Time Control of an Electric-Vehicle Charging Station While Tracking an Aggregated Power-Setpoint

Paper

Keywords: Electric vehicles, real-time control, mixedinteger programming, fairness, battery protection, dispatching of active distribution networks.

Authors: Roman Rudnik, Student Member, IEEE, Cong Wang, Student Member, IEEE, Lorenzo Reyes-Chamorro, Member, IEEE, Jagdish Acharya, Member, IEEE, Jean-Yves Le Boudec, Fellow, IEEE, and Mario Paolone, Senior Member, IEEE.

We consider the problem of controlling the charging of electric vehicles (EVs) connected to a single charging station that follows an aggregated power-setpoint from a main controller of the local distribution grid. To cope with volatile resources such as load or distributed generation, this controller manages in real time the flexibility of the energy resources in the distribution grid and uses the charging station to adapt its power consumption.

The aggregated power-setpoint might exhibit rapid variations due to other volatile resources of the local distribution grid. However, large power jumps and mini-cycles could increase the EV-battery wear. Hence, our first challenge is to properly allocate the powers to EVs so that such fluctuations are not directly absorbed by EV-batteries.

We assume that EVs are used as flexible loads and that they do not supply the grid. As the EVs have a minimum charging power that cannot be arbitrarily small, and as the rapid fluctuations of the aggregated power-setpoint could lead to frequent disconnections and reconnections, the second challenge is to avoid these disconnections and re-connections. The third challenge is to fairly allocate the power in absence of the information about future EVs arrivals and departures, as this information might be unavailable in practice.

To address these challenges, we formulate an online optimization problem and repeatedly solve it by using a mixedinteger-quadratic program. To do so in real-time, we develop a heuristic that reduces the number of integer variables. We validate our method by simulations with real-world data.

Una flota de vehículos eléctricos puede ofrecer, a través de la estación de carga, la flexibilidad de modificar su velocidad de carga de manera de, por ejemplo, responder a cambios de precio o variaciones de fuentes renovables, generando un beneficio económico para el usuario".



Dr. Lorenzo Reyes
Universidad Austral
de Chile

Quantifying the effects of medium voltage–low voltage distribution network constraints and distributed energy resource reactive power capabilities on aggregators

Paper

Keywords: Aggregator, battery energy storage systems, distributed energy resources, distribution networks, optimal power flow.

Authors: Luis Gutierrez-Lagos, Kyriacos Petrou, Luis Fernando Ochoa.

Distributed energy resources (DER), such as, photovoltaic systems and batteries, are becoming common among households. Although the main objective is reducing electricity imports (bills), they could also provide system-level services via an aggregator. However, the more DER provide services, the more important is ensuring that the corresponding operation does not result in network issues.

To help DER aggregators understand the implications of network constraints, an AC optimal power flow-based methodology is proposed to quantify the effects that three-phase low voltage (LV) and medium voltage (MV) network constraints can have on the volume of services that can be provided for a given horizon, and the potential benefits from using DER reactive power capabilities. Using a convex multi-period formulation that avoids binary variables for batteries and incorporates voltage-dependent

Este trabajo propone una metodología para cuantificar los efectos que tienen las restricciones operacionales de las redes de distribución en el volumen de servicios que puede entregar un agregador de recursos energéticos distribuidos a través del tiempo (generación fotovoltaica, vehículos eléctricos y/o baterías). También permite explorar los beneficios (en el volumen de servicios) de explotar las capacidades de control de reactivos en los inversores y el impacto de distintos tipos de carga".



Dr. Luis Gutiérrez
Universidad Adolfo Ibañez

load models, the methodology maximizes DER exports (services) for service-related periods and household self-consumption for other periods (reducing bills). Different service periods are assessed to explore the extent of services throughout the day. Results using a realistic UK MV-LV network with 2400+ households, show that aggregator services can be highly overestimated when neglecting MV-LV network constraints, are influenced by voltage-demand load characteristics, and that exploiting DER reactive power capabilities can significantly unlock further services.

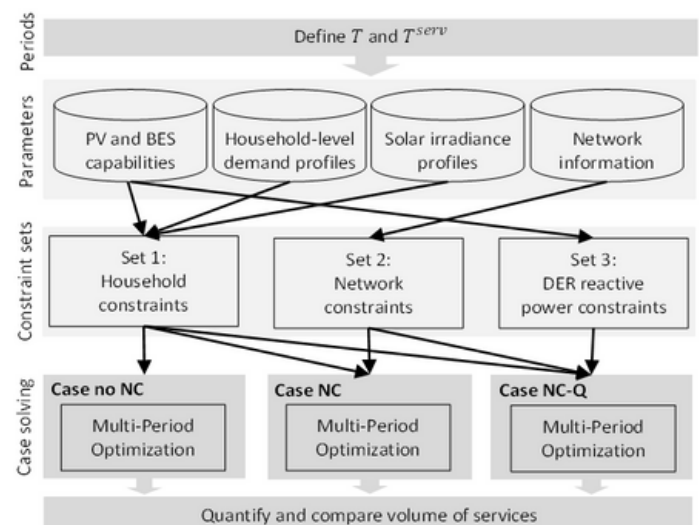


Figure 6. Overview of the proposed methodology

Impacto del proceso de carga de VE en redes Eléctricas de distribución utilizando modelos de simulación

Estudio

Keywords: red eléctrica, modelos de simulación.

Esta presentación abordó el problema respecto de qué va a suceder con la red eléctrica cuando se produzca una masiva penetración de los vehículos eléctricos en nuestras ciudades. A través del estudio se desea conocer los reforzamientos y los tiempos en que serán necesarios.

El modelo de simulación utiliza la información de una red de transporte que contiene información detallada de los orígenes y destinos de los distintos movimientos de un parque vehicular al interior de una ciudad. Con esta información, más las características de los vehículos presentes en la red, su cantidad, la autonomía, las características de sus conductores, el modelo logra calcular los gastos de energía de cada vehículo eléctrico y determinar el tiempo en que este requiere ser cargado y por cuánto tiempo.

A través de esto, el modelo de transporte alimenta un modelo de la red eléctrica de la zona, estableciendo las demandas en cada nodo de la red, lo anterior permite simular el comportamiento en el tiempo de las diversas variables eléctricas del sistema tales como, tensiones, corrientes, potencias, pérdidas, sobrecargas, etc.

El principal problema va a estar asociado a la conexión masiva de estos vehículos a la red. Yo los separo en dos áreas. Una tiene que ver con las estaciones de carga asociadas a los vehículos que son parte del transporte público y las estaciones públicas disponibles para el transporte privado, ambas estarán bien localizadas y con posibilidades de estimar su demanda. Por otra parte, estará la carga privada, la que se puede dar a nivel domiciliaria o a través de otras alternativas, que no necesariamente será fácil de estimar y controlar".



Dr. Jorge Mendoza
Pontificia Universidad
Católica de Valparaíso

A través de este modelo se han comenzado a evaluar diversas estrategias centralizadas y descentralizadas de carga de vehículos eléctricos con el objetivo de evitar el efecto avalancha sobre el sistema, asegurando un uso eficiente de la red y el real abastecimiento de las necesidades de los vehículos eléctricos.



PALABRAS FINALES

En esta recopilación hemos levantado información acerca de los temas y estado de avance de las investigaciones y los proyectos que están desarrollando las Universidades de nuestro país en materia de **electromovilidad**. A través de este evento visualizamos públicamente el panorama actual, así como también un mundo nuevo de opciones y necesidades tecnológicas asociadas a esta temática.

La **I+D** es fundamental para robustecer este nuevo ecosistema y enfrentar grandes desafíos globales y locales como los compartidos durante la jornada realizada. Con esta iniciativa esperamos fomentar el desarrollo de soluciones que estén alineadas con estas problemáticas, así como también poder identificar algunos desafíos futuros, como algunos de los que se presentaron en este seminario y que están descritos en este documento.

Más adelante, esperamos repetir esta instancia con cierta periodicidad, de manera de entregar al **ecosistema** de electromovilidad, información actualizada de más proyectos desarrollados en Chile y generar sinergias entre los investigadores y actores relevantes, una necesidad particularmente importante en etapas tempranas de incorporación de nuevas tecnologías.

Finalmente, con esta publicación esperamos motivar a actores del mundo académico interesados en la electromovilidad a que sigan desarrollando proyectos, investigación y soluciones, ya que su conocimiento es fundamental para abordar los tremendos retos que nuestro país y sus habitantes tienen por delante en materia de transporte sustentable.

AGRADECIMENTOS

Desde la Agencia de Sostenibilidad Energética, agradecemos y reconocemos la participación de:

Dra. Dafne Lagos Hurel
Universidad Católica de Temuco

Dr. Ricardo Lizana Fuentes
Universidad Católica de la Santísima Concepción

Dra. Margarita Norambuena
Universidad Técnica Federico Santa María

Dr. Javier Pereda Torres
Pontificia Universidad Católica de Chile

Dr. Williams Calderón Muñoz
Universidad de Chile

Dr. Javier Riedemann Aros
Universidad de Sheffield

Dr. Lorenzo Reyes Chamorro
Universidad Austral de Chile

Dr. Luis Gutiérrez Lagos
Universidad Adolfo Ibáñez

Dr. Jorge Rabanal Arabach
Universidad de Antofagasta

Dr. Matías Díaz Díaz
Universidad de Santiago de Chile

Dr. Jorge Mendoza Baeza
Pontificia Universidad Católica de Valparaíso



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

