



# 2° INFORME DE ELECTROMOVILIDAD



# 2025

**La consolidación de una política de Estado:  
Santiago referente mundial.**

Enero, 2026



Informe producido y editado por el Directorio de Transporte Público Metropolitano – DTPM, Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones de Chile

Dirección: Agustinas N° 1382, Santiago, RM

T: +56 2 2421 3000

Web: <https://www.dtpm.gob.cl/>

Web informe: <https://www.dtpm.cl/electromovilidad/>

Este informe contó con el apoyo de las siguientes instituciones:

- Centro de Movilidad Sostenible. <https://cmsostenible.org/>
- Ministerio de Medio Ambiente, Departamento Ruido, Lumínica y Olores, División de Información Ambiental, Oficina de Economía Circular y Proyecto “Apoyo a la Estrategia Chilena de Transporte Sostenible (CLETS)”
- Ministerio de Salud, Departamento de Salud Ambiental.

Enero 2026

Santiago, Chile.



## **Introducción: Un sistema de transporte público consolidado**

### **A. Carta de las autoridades**

1. Electromovilidad como política de Estado
2. La movilidad urbana como una inversión social.

Pág\_ 10

### **B. Electromovilidad: una política de Estado**

1. RED Movilidad: un sistema resiliente y transformador
2. Sobre este informe
3. Hitos en electromovilidad en Chile 2015 – 2025

Pág\_ 14

### **C. Bases de la electromovilidad**

1. Claves legales y financieras: cimientos de la electromovilidad en RED Movilidad
2. Licitaciones de uso de vías: diseño competitivo y resultados
3. Lecciones de transformación: la implementación de la electromovilidad en el Sistema RED Movilidad
4. Resiliencia operativa desde la experiencia
5. RED Movilidad en cifras: cobertura, usuarios y servicios

Pág\_ 22



## **Innovación que mueve personas**

### **A. Buses eléctricos y tecnología para las personas**

1. Evolución tecnológica
2. Chile en el contexto internacional de la electromovilidad
3. Confiabilidad y mantenimiento
4. Tecnología al servicio de la inclusión y la experiencia usuaria

Pág\_ 40

### **B. Infraestructura para la electromovilidad: resiliencia, gestión energética y transformación urbana**

1. Electroterminales: columna vertebral del sistema eléctrico de buses
2. Infraestructura de carga y estandarización
3. RED de carga inteligente: gestión energética al servicio de la operación
4. Continuidad del servicio ante contingencias
5. Infraestructura RED y su aporte a la transformación urbana

Pág\_ 49

### **C. Capital humano como motor de cambio**

1. Empleos verdes
2. Capacitaciones al personal de empresas operadoras

Pág\_ 62



## **Impactos sostenibles para la ciudad y sus habitantes**

### **A. Beneficios ambientales**

1. Emisiones locales y globales: avances hacia la carbono neutralidad
2. Consumo de energía y eficiencia energética
3. Origen de la energía
4. Ciudades más silenciosas: reducción de ruido urbano
5. Calidad del aire a nivel de eje
6. Electroterminales: nodos ambientales para el bienestar urbano
7. Economía circular y segundo uso de baterías
8. Uso eficiente del agua: prácticas responsables en terminales

Pág\_ 66

### **B. Transformando la forma en que nos movemos**

1. Expansión de servicios con enfoque participativo
2. Cultura de movilidad: campañas, educación y participación ciudadana
3. Subsidios y tarifas para un sistema accesible
4. Género y movilidad: el impulso del Programa de Mujeres Conductoras
5. Explorando nuevos energéticos: Hidrógeno verde en el transporte público

Pág\_ 94



## **Legitimidad, aprendizajes y proyección**

- A. Voces ciudadanas: percepción y satisfacción usuaria
- B. Chile: Líder global por un transporte sustentable, innovador y resiliente
- C. Proyecciones

Pág\_ 102



## **Anexos**

- A. Glosario de Términos
- B. Listado de organizaciones y personas entrevistadas
- C. Bibliografía

Pág\_ 110

# Índice de Tablas



Tabla 1: Objetivos de Desarrollo Sostenible contenidos en este informe .....	Pág. 16
Tabla 2: Componentes del estándar Bus Inteligente en RED Movilidad (2025) .....	Pág. 49
Tabla 3: Infraestructura de carga y flota eléctrica por comuna, 2025 .....	Pág. 50
Tabla 4: Top 10 terminales respecto de sus porcentajes de carga respaldada .....	Pág. 56
Tabla 5: Características electroterminales adquiridos por Desarrollo País .....	Pág. 59
Tabla 6: Personas y horas de capacitación aplicadas por las empresas operadoras de transporte, septiembre 2025. ....	Pág. 63
Tabla 7: Seguimiento de las Emisiones Anuales de los Buses RED de Movilidad .....	Pág. 67
Tabla 8: Valorización económica de la reducción de emisiones de CO <sub>2</sub> eq. mediante precio social del carbono....	Pág. 68 (2018-2025)
Tabla 9: Consumo de combustibles por fuente del Sistema RED Movilidad .....	Pág. 69
Tabla 10: Cuadro declaraciones .....	Pág. 70
Tabla 11: Niveles de ruido en decibeles (dB(A)) en Estaciones de Monitoreo de Ruido y distribución de expediciones de buses por tecnología. ....	Pág. 73
Tabla 12: Conteos vehiculares y variaciones 2024 y 2025. ....	Pág. 74
Tabla 13: Resultados de campaña de monitoreo de ruido y proyecciones en ejes, antes y después del recambio de buses diésel a eléctricos, (LAeq dB) .....	Pág. 77
Tabla 14: Modelaciones de Niveles de ruido en decibeles (dB(A)) en ejes viales donde no existen Estaciones de Monitoreo de Ruido, 2024-2025 .....	Pág. 78
Tabla 15: Resultados campaña de monitoreo de calidad del aire ejes Alameda, Gran Avenida y Diego Portales, antes y después del recambio de buses diésel a eléctricos, (MP Promedio (µg/m <sup>3</sup> )) .....	Pág. 79
Tabla 16: Resultados de campaña de monitoreo de ruido Terminal Diego Portales, antes y después del recambio de buses diésel a eléctricos, (LAeq dB) .....	Pág. 81
Tabla 17: Resultados campaña de monitoreo de calidad del aire Terminal Diego Portales, antes y después del recambio de buses diésel a eléctricos, (MP Promedio (µg/m <sup>3</sup> )) .....	Pág. 83
Tabla 18: Comparación ambiental terminales Catemito (Diésel) y Ducaud (Eléctrico), 2025 .....	Pág. 85
Tabla 19: Impacto estimado de la reducción de MP2,5 en mortalidad (Región Metropolitana) .....	Pág. 87
Tabla 20: Residuos generados por tipo por las empresas concesionarias del Sistema Red Movilidad, 2023-2024 .....	Pág. 90
Tabla 21: Campañas informativas del DTPM (2025) .....	Pág. 95
Tabla 22: Total Beneficiadas del Programa Mujeres Conductoras .....	Pág. 99
Tabla 23: Delegaciones que visitan el Sistema RED. ....	Pág. 107
Tabla 24: Alianzas estratégicas. ....	Pág. 108

# Índice de Gráficos



Gráfico 1: Evolución de la Flota Eléctrica 2017 - 2026 .....	Pág. 27
Gráfico 2: Evolución Tecnológica de la Flota 2015 – Proyección 2026 .....	Pág. 40
Gráfico 3: Cantidad de buses eléctricos por ciudad (2025) .....	Pág. 42
Gráfico 4: Porcentaje de buses eléctricos por ciudad (2025) .....	Pág. 42
Gráfico 5: Ranking global países más atractivos para invertir en transición energética .....	Pág. 43
Gráfico 6: Tasa de fallas mecánicas (pannes) cada 100.000 kilómetros recorridos por estándar y tipo de propulsión (2018-2025) .....	Pág. 44
Gráfico 7: Propuesta de Índice de Salud de la flota por tipo de tecnología. ....	Pág. 45
Gráfico 8: Evolución histórica de electroterminales en el Sistema RED Movilidad, 2017-2025 .....	Pág. 52
Gráfico 9: Electroterminales del Sistema RED Movilidad por comuna y año de incorporación .....	Pág. 52
Gráfico 10: Relación entre flota eléctrica y potencia instalada por comuna .....	Pág. 54
Gráfico 11: Comparación de SOH respecto a los kilómetros comerciales recorridos. ....	Pág. 55
Gráfico 12: Top 10 Terminales con mayor capacidad de respaldo en el Sistema RED Movilidad .....	Pág. 56
Gráfico 13: Emisiones atmosféricas 2018-2025 (Ton/año) .....	Pág. 67
Gráfico 14: Evolución anual de los niveles de ruido en Alameda (Leq dB(A)) y distribución de la composición tecnológica de la flota en horario AM y PM .....	Pág. 72
Gráfico 15: Variación LAeq – Eje Diego Portales Ex ante / Ex post día y noche .....	Pág. 76
Gráfico 16: Variación LAeq en Terminal DP – Ex ante / Ex post .....	Pág. 82
Gráfico 17: Percepción de la comunidad vecina – Terminal Diego Portales (antes vs después) .....	Pág. 84
Gráfico 18: Porcentaje y tipos de residuos valorizados, 2024. ....	Pág. 90
Gráfico 19: Proporción de ingresos tarifarios en distintos sistemas de transporte público en el mundo .....	Pág. 98
Gráfico 20: Resultados de la evaluación del Sistema y los recorridos (2013-2025) .....	Pág. 102

# Índice de Ilustraciones



Ilustración 1: Impacto Territorial de la Flota 2021- 2025 .....	Pág. 41
Ilustración 2: Arquitectura tecnológica embarcada buses Sistema RED Movilidad .....	Pág. 47
Ilustración 4: Evolución histórica de electroterminales en el Sistema RED Movilidad, 2021-2026 .....	Pág. 51
Ilustración 5: Evolución de la carga de autobuses eléctricos y la adopción de CCS2 en Chile .....	Pág. 53
Ilustración 6: Imagen objetivo de terminales .....	Pág. 60
Ilustración 7: Avances electroterminales Jardín Alto y El Retiro .....	Pág. 60
Ilustración 8: Capacitación en gestión de residuos a concesionarios del Sistema RED Movilidad, 2025 .....	Pág. 89
Ilustración 9: Mapa optimización y expansión de servicios del Sistema RED .....	Pág. 94
Ilustración 10: Imágenes conmemoración Dia Mundial Sin Auto, 2025 .....	Pág. 96
Ilustración 11: Información de huella de carbono en la APP RED Movilidad .....	Pág. 97
Ilustración 12: Top 30 Marcas Ciudadanas Aporte Social año 2025, CADEM .....	Pág. 103



**INTRODUCCIÓN:**



# **UN SISTEMA DE TRANSPORTE PÚBLICO CONSOLIDADO**



# 1. Electromovilidad como política de Estado

## A. Cartas de autoridades



**JUAN CARLOS MUÑOZ ABOGABIR**  
Ministro de Transportes y Telecomunicaciones

Es un orgullo luego de casi 4 años a la cabeza de este Ministerio, presentarles la segunda edición del Informe de Electromovilidad del Sistema RED, un documento que consolida los avances recientes y proyecta los desafíos que guiarán la transformación del transporte público de nuestro país. Chile ha asumido la electromovilidad como una política de Estado, entendida no solo como una innovación tecnológica, sino como un compromiso transversal con el desarrollo sostenible, la justicia ambiental y la calidad de vida de las personas. Esta visión, construida de manera sostenida en la última década, ha permitido que múltiples instituciones, gobiernos regionales, municipios, empresas y comunidades avancen de forma coordinada hacia un sistema de transporte más limpio, eficiente y resiliente.

Los resultados alcanzados en el sistema RED Movilidad reflejan con claridad este esfuerzo. Actualmente, Santiago cuenta con 3.849 buses eléctricos en operación, y solo durante 2025 se incorporaron 1.344 nuevas unidades, la mayor cifra anual registrada hasta ahora. Este avance consolida a nuestra capital como la ciudad con más buses eléctricos fuera de China y permite proyectar que, en marzo de 2026, el sistema alcanzará cerca de 4.400 buses eléctricos, equivalentes al 68% de la flota operativa. Más allá de las cifras, estos avances se traducen en un transporte más limpio, silencioso, cómodo y confiable para millones de personas. Además, contribuyen a generar mejores entornos urbanos constituyéndose en íconos distintivos de cada ciudad.

La electromovilidad también ha sido una herramienta concreta para avanzar en equidad territorial. Comunas históricamente postergadas como Lo Espejo, Puente Alto, Maipú y El Bosque finalizarán el actual gobierno con más del 90% de su flota operando bajo estándar RED, reduciendo brechas históricas en acceso a un transporte público de calidad y mejorando directamente la calidad de vida de sus habitantes. Este proceso demuestra que la transición energética puede ser no sólo una política ambiental, sino también una política social. Los resultados alcanzados en 2025 permiten observar con claridad los impactos concretos de esta gestión. En materia de ruido, la incorporación masiva de buses eléctricos ha generado reducciones significativas de

ruido en ejes estructurantes de la ciudad. En el eje Alameda, se registran disminuciones de hasta 64%, y de hasta 54% en el eje Santa Rosa. En cuanto a emisiones atmosféricas, los avances han sido igualmente significativos. Entre 2018 y 2025, las emisiones locales de contaminantes disminuyeron en un 93,6% en óxidos de nitrógeno (NOx) y en un 74,4% en material particulado fino (MP2.5), algunas de las emisiones más nocivas para las personas, como resultado del reemplazo progresivo de flota diésel por buses eléctricos.

El recambio de flota ha ido acompañado de una transformación estructural de los terminales del sistema. Al cierre de 2025, RED Movilidad cuenta con 73 terminales de buses, de los cuales 45 ya corresponden a electroterminales, lo que representa un 61% del total, distribuidos en 15 comunas del Gran Santiago. Solo en los últimos cuatro años se han construido 35 nuevos electroterminales, con un aumento de 350%, sentando las bases para una operación eléctrica robusta, segura y sostenible en el largo plazo.

Hoy los terminales y los buses RED son un Buen Vecino. Un caso emblemático es el electroterminal Diego Portales, en la comuna de La Florida, que desde octubre de 2025 opera con una flota 100% eléctrica, lo que nos ha permitido evaluar la reducción de ruido, mejora de la calidad del aire y percepción comunitaria, a través de estudios especializados presentados en este informe, que muestran 60% de reducciones de ruido en el terminal y 33.5% en emisiones de material particulado, resultando en una mejor calidad de vida de personal de conducción y vecinos. Hoy los vecinos tienen una evaluación positiva del terminal, mejorando la relación de la operación de transporte público con sus comunidades.

En paralelo, en estos cuatro años once regiones ya han iniciado el despliegue de su electromovilidad, desempeñando un rol decisivo en esta transformación. Hoy ya son más de 330 buses eléctricos en ciudades como Arica, Iquique, Antofagasta, Copiapó, Coquimbo-La Serena, Valparaíso-Viña del Mar, Colina, Rancagua-Machalí, Concepción, Temuco y Puerto Montt, confirma que la electromovilidad dejó de ser una experiencia limitada a la capital. Al ceñirnos al estándar RED de buses, garantizamos que en cada una de estas ciudades la flota es equivalente a la que opera en Santiago. Cada implementación regional ha implicado

aprendizajes específicos en materia de infraestructura, operación y gestión local, fortaleciendo una política pública que reconoce la diversidad territorial del país.

Todo este avance se sustenta en los compromisos ambientales de Chile, en el marco de sus Contribuciones Determinadas a Nivel Nacional (NDC) y de la Estrategia Nacional de Electromovilidad, que establece como meta que al 2035 solo se comercialicen vehículos con cero emisiones locales. La electrificación del transporte público es una de las herramientas más eficaces para no solo avanzar en la descarbonización de nuestras ciudades y responder con seriedad a los desafíos del cambio climático, sino también para hacerlas mejores lugares para vivir.

Este informe da cuenta de un camino construido colectivamente en ya tres gobiernos. Sus resultados reflejan el trabajo de cientos de personas e instituciones que han contribuido a consolidar la electromovilidad como un pilar del desarrollo del país. Reafirmamos nuestro compromiso de seguir impulsando esta agenda con decisión, transparencia y visión de largo plazo, convencidos de que un Chile más limpio, moderno y equitativo es posible cuando el transporte se pone al servicio de las personas y del futuro que queremos construir.



**PAOLA TAPIA SALAS**

Directora de Transporte Público Metropolitano

### **La movilidad urbana como una inversión social.**

Como Directorio de Transporte Público Metropolitano hemos liderado los avances del transporte público urbano en Santiago de Chile, construyendo con sentido de urgencia y eficiencia un sistema resiliente, sostenible y centrado en las personas, capaz de responder a las exigencias actuales y proyectar una movilidad de calidad para las generaciones futuras.

Durante esta administración hemos consolidado la electromovilidad como política de Estado, sustentándola en el fortalecimiento de la movilidad urbana como una inversión social. En efecto, los pilares que permiten dar soporte a esta política pública son un marco legal y financiero sólido y robusto que, con estabilidad económica y responsabilidad fiscal, ha promovido la inversión; un esquema contractual innovador, bajo una gobernanza que comprende la participación pública y privada; y, la sustentabilidad ambiental como un compromiso internacional de mitigación del cambio climático y el aporte en el proceso de descarbonización de nuestro país al 2050.

En estos años consolidamos una gestión estratégica de la electromovilidad que incluyó la expansión sostenida e histórica de la flota eléctrica, consolidando a Santiago como la ciudad con más buses eléctricos después de las ciudades chinas. Así, también concretamos el desarrollo de la tan necesaria infraestructura de carga, el fortalecimiento de capacidades técnicas y la mejora de los procesos de planificación y operación. Esta capacidad instalada constituye uno de los legados más relevantes en términos de valor agregado del período y un activo público clave para sostener y profundizar la transformación del sistema en los años venideros.

Los resultados alcanzados en 2025 permiten observar con claridad los impactos concretos de la gestión del Directorio de Transporte Público Metropolitano, comprendiendo la implementación, en una escala inédita, de una primera licitación después de más de

17 años en nuestra capital, incorporando nueva flota y electroterminales. Sobre la base del análisis de dicho proceso, estudios, consulta al mercado, proceso de participación ciudadana denominado ¿Qué te mueve?, inédita consulta a los fabricantes de buses, desarrollamos en 11 meses un proceso completo de una segunda licitación y adjudicación, reduciendo significativamente plazos y entregando mayor certeza al mercado.

Los resultados fueron elocuentes, 86 ofertas de nueve operadores, cinco fabricantes y cuatro entidades financieras, competencia que se tradujo en un ahorro estimado de 60 millones de dólares anuales. Manteniendo el esquema desarrollado, se efectuó una tercera licitación, actualmente en curso, que permite continuar con la renovación de flota y generando ahorros para el sistema.

Como toda política pública, en forma permanente se monitorea y evalúan sus resultados, pero también en un compromiso con la industria, academia y sociedad civil, así como con otros países que han comenzado o iniciarán el camino a la electromovilidad, hemos elaborado este segundo informe que da cuenta de la evolución en estos 8 años de la incorporación de esta tecnología, su expansión, sus ahorros y sus desafíos.

Estos avances ambientales han tenido impactos directos y medibles en la salud de las personas, cuestión que también aborda este informe con inéditos datos de estimaciones realizadas en conjunto con el Departamento de Salud Ambiental del Ministerio de Salud. Estos muestran que la disminución sostenida de las concentraciones de material particulado fino en la Región Metropolitana ha permitido evitar un número significativo de muertes prematuras.

Compartimos entonces los resultados de la política de estado de electromovilidad, reflejo de una visión de gestión que entiende la sostenibilidad y la resiliencia como ejes centrales de la política pública, y que busca preparar al sistema de transporte para enfrentar escenarios futuros de incertidumbre, ya sea por variaciones de demanda, exigencias ambientales o eventos críticos.

La electromovilidad es hoy una característica de la ciudad de Santiago, como también lo es la presencia de más de 2.000 mujeres conductoras, desarrollando un transporte público más humano y moderno, que han convertido nuestra ciudad en un referente global en movilidad.

Agradecemos profundamente el compromiso de los equipos del DTPM, de las empresas, del Ministerio y de todas las instituciones que han sido parte de este proceso. Los resultados del 2025 nos permiten afirmar con convicción que avanzamos hacia una movilidad más resiliente y más digna para todas y todos.

## B. Electromovilidad: una política de estado

### ➔ 1. RED Movilidad: un sistema resiliente y transformador

La electromovilidad en el transporte público en Chile surge como una respuesta concreta a los compromisos internacionales de mitigación del cambio climático y a la necesidad de mejorar la calidad y sostenibilidad de los servicios en la ciudad. Tras la ratificación del Acuerdo de París, el país definió metas específicas en su Estrategia Climática de Largo Plazo<sup>1</sup>, estableciendo que todas las nuevas incorporaciones al transporte público urbano sean de cero emisiones al 2035 y que, al 2040, los sistemas regionales operen completamente bajo tecnologías limpias.

Para avanzar en estas metas, el Estado ha consolidado un marco regulatorio y financiero que permite implementar proyectos de electromovilidad a gran escala. Entre los instrumentos más relevantes destacan la ley N°20.378<sup>2</sup>, publicada en septiembre 2009, que crea un subsidio nacional para el transporte público remunerados de pasajeros y otras normas complementarias, tales como la ley N°18.696<sup>3</sup>, publicada en marzo 1988, que establece entre otros las normas bases de los procesos de licitación de uso de vías del sistema transporte público, así como sus servicios complementarios; la ley N° 18.059<sup>4</sup>, publicada en octubre 1981, que asigna al Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones (MTT) el carácter de organismo rector nacional de tránsito y le señala atribuciones; y el Decreto Supremo N°212<sup>5</sup>, tramitado en octubre 1992, que otorgan al MTT amplias atribuciones para intervenir y regular el transporte público a nivel nacional.

En paralelo, políticas como la Política Energética 2050 de 2018<sup>6</sup> y su actualización 2022<sup>7</sup>, la Primera Estrategia Nacional de Electromovilidad de 2017<sup>8</sup> y la nueva Estrategia Nacional de Electromovilidad de 2022<sup>9</sup>, la Ley N°21.305 de Eficiencia Energética de 2021<sup>10</sup>, la Ley N°21.505 de Almacenamiento y Electromovilidad de 2022<sup>11</sup>, el Plan Sectorial de Mitigación y Adaptación al Cambio Climático del sector transporte de 2025<sup>12</sup> y la Política de Movilidad Sostenible de 2022<sup>13</sup> han orientado la adopción de tecnologías limpias en el transporte urbano. Este conjunto de instrumentos, elaborados en distintas administraciones, ha otorgado continuidad y coherencia a la electromovilidad, consolidándola como una política de Estado de largo plazo.

En este contexto, el Sistema RED Movilidad emerge como el principal referente de la electromovilidad en el mundo.

A partir de 2017, cuando se generó la primera estrategia de electromovilidad y se incorporaron los primeros buses eléctricos, el proceso comienza con la primera licitación de uso de vías que incorporaba buses eléctricos. Luego se continuó con el proceso de licitación de uso de vías del año 2019, así como con los desarrollados en los años 2023 y 2025 (en adelante Licitaciones 2023 y 2025, respectivamente<sup>14</sup>), que por primera vez establecieron la obligación de incorporar buses 100% eléctricos en la totalidad de la flota, junto con la construcción de infraestructura de carga necesaria.

Estos procesos licitatorios introdujeron distintos elementos que colaboraron con el objetivo de fortalecer la sostenibilidad, reducir las barreras de entrada y fomentar la participación y competencia. Así, la disposición de la flota y su respectiva infraestructura de carga se hizo apoyándose en un modelo de provisión que permite adquirir y administrar activos, definiéndolos como bienes afectos a la concesión y garantizando el pago íntegro de las cuotas de flota. También se reforzó la disponibilidad de terminales y electroterminales por terceros, especialmente a través de la empresa pública Desarrollo País, quien adquiere y pone a disposición los terrenos necesarios para la operación.

Todo lo anterior bajo un esquema sostenible basado en el subsidio nacional al transporte público creado por ley y que garantiza el financiamiento de largo plazo del Sistema, en conjunto con las tarifas pagadas por las personas usuarias. Esta estructura garantiza la continuidad del servicio, independiente del operador, mitiga riesgos financieros y operacionales, mejora la eficiencia y asegura el uso responsable de los recursos públicos.

El año 2025 marca una etapa decisiva en la evolución del Sistema RED Movilidad, al consolidar la implementación de los contratos derivados de la Licitación 2023 y avanzar en la adjudicación de la Licitación 2025, orientada a fortalecer la resiliencia operativa y la gestión de riesgos del sistema. Mientras la Licitación 2023 estableció un estándar técnico homogéneo en materia de confort, eficiencia energética y seguridad, la de 2025 amplía estos logros incorporando una gestión integrada del respaldo energético y una mayor participación de mujeres conductoras en la operación.

Este proceso de consolidación técnica y contractual ha tenido efectos directos en la eficiencia económica del sistema. Ambas licitaciones han sido fundamentales para consolidar la electromovilidad en el sistema, permitiendo una reducción significativa en los costos de operación e inversión. En particular, se observa una disminución del 66% en el consumo energético por bus y del 44% en los costos de mantenimiento de la flota, eficiencias que fueron traspasadas a precio a través del proceso competitivo desarrollado en 2023.

Asimismo, en comparación con 2017, el precio de adquisición de los buses ha caído en un 49%, lográndose en la licitación 2023 una reducción adicional del 19% respecto de los valores observados en los procesos de renovación previos. En el caso de la infraestructura, los costos de los terminales se redujeron en un 40% en el precio por metro cuadrado, y la infraestructura de carga presentó una disminución del 17% en relación con los valores registrados en la licitación de 2019. En su conjunto, estas eficiencias reflejan un uso más eficiente de los recursos públicos, generando ahorros relevantes para el sistema.

Durante este periodo, la puesta en marcha de los nuevos contratos ha generado aprendizajes significativos entre los distintos actores del ecosistema de la electromovilidad, reflejando la madurez alcanzada en la gestión de la flota eléctrica y en la coordinación público-privada. La operación de los más 3.849 buses eléctricos que dispone el Sistema RED Movilidad al cierre del año 2025, que representa un 58% del total de la flota, ha demostrado alta estabilidad y capacidad de adaptación frente a contingencias, así como una transición silenciosa entre empresas operadoras salientes y entrantes.

Ello ha sido posible gracias a la implementación de protocolos de respaldo energético, planes de transición, sistemas de gestión de carga inteligente y una coordinación permanente con empresas operadoras y distribuidoras. Estas medidas han asegurado la disponibilidad y confiabilidad del servicio, definiendo el 2025 como un año clave en la consolidación hacia un transporte público eléctrico y resiliente.

### ➔ 2. Sobre este informe

Este Segundo Informe de Electromovilidad presenta los principales resultados alcanzados por el Directorio de Transporte Público Metropolitano (DTPM) durante el año 2025, integrando datos históricos entre 2022 y 2025, así como antecedentes que ilustran la evolución del proceso de implementación, operación y sostenibilidad del transporte público eléctrico de Santiago. Su propósito es comunicar los resultados técnicos, ambientales, sociales y económicos asociados a esta transformación, en coherencia con los principios de transparencia, rendición

de cuentas y acceso a la información pública, conforme a la Ley de Transparencia<sup>15</sup> y tratados internacionales como el Acuerdo de Escazú<sup>16</sup>.

La información se construyó sobre la base de un sólido marco de gobernanza de datos desarrollado por el DTPM durante la presente administración, que ha permitido, consolidar, estandarizar y compartir de manera colaborativa los datos provenientes de las distintas gerencias: estrategia y gestión contractual, vinculación ciudadana, finanzas y análisis económico, planificación, sistemas inteligentes de transportes y operaciones y mantenimiento, entre otros, que conforman la base estructural de este informe.

Esta base interna de datos se complementa con estudios específicos y con un trabajo de colaboración interinstitucional, que integra antecedentes de los concesionarios y operadores del Sistema RED, Ministerio de Medio Ambiente, Ministerio de Energía, Ministerio de Salud, Superintendencia de Electricidad y Combustibles, de la Comisión Nacional de Energía, operadores de carga y servicios complementarios, así como organismos colaboradores externos<sup>17</sup>, fortaleciendo la consistencia y robustez del análisis<sup>18</sup>.

Asimismo, incorpora los resultados de 26 entrevistas a actores clave del ecosistema de la electromovilidad, tanto del sector público como privado, que permiten comprender los desafíos y aprendizajes surgidos durante la implementación de la licitación 2023. Junto a ello, se incluyen estudios de campo y estimaciones técnicas orientadas a medir el impacto de la electromovilidad en distintas dimensiones de sostenibilidad, asegurando la trazabilidad y comparabilidad de los datos a nivel nacional e internacional.

El informe también vincula sus resultados con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), particularmente con los ODS 7 (Energía asequible y no contaminante), 9 (Industria, innovación e infraestructura), 11 (Ciudades y comunidades sostenibles) y 13 (Acción por el clima), así como con otros objetivos asociados a salud y bienestar, equidad de género, trabajo decente y producción responsable, reflejando el carácter transversal e integrado de la electromovilidad como política pública.

La experiencia de Santiago de Chile ofrece información valiosa para la expansión del modelo hacia otras regiones del país y para su aplicación en contextos urbanos de América Latina y el mundo. Los aprendizajes e indicadores derivados de las recientes licitaciones sirven como referencia para definir parámetros técnicos, esquemas financieros y protocolos de gestión replicables, contribuyendo a fortalecer la planificación y la sostenibilidad de los sistemas de transporte público eléctrico.

Tabla 1: Objetivos de Desarrollo Sostenible contenidos en este informe

ODS	Secciones del informe	Vinculación principal
<b>3</b> SALUD Y BIENESTAR 	<ul style="list-style-type: none"> <li>Impactos en salud pública: aire más limpio y bienestar</li> <li>Ciudades más silenciosas: reducción de ruido urbano</li> </ul>	Reducción de MP <sub>2,5</sub> , NOx y ruido urbano; disminución de riesgos respiratorios y cardiovasculares; mejoras en bienestar y calidad de vida de personas usuarias y comunidades expuestas.
<b>5</b> IGUALDAD DE GÉNERO 	<ul style="list-style-type: none"> <li>Infraestructura urbana con perspectiva de género</li> <li>Programa Mujeres Conductoras</li> <li>Licitaciones 2023 y 2025: incorporación de mujeres conductoras</li> </ul>	Promoción de participación femenina en la conducción, mejora de condiciones laborales, diseño de paraderos y terminales seguros y accesibles con enfoque de género.
<b>7</b> ENERGÍA ASEQUIBLE Y NO CONTAMINANTE 	<ul style="list-style-type: none"> <li>Infraestructura de carga y estandarización</li> <li>Red de carga inteligente: gestión energética al servicio de la operación</li> <li>Origen de la energía y suministro renovable</li> </ul>	Uso de energía eléctrica renovable, eficiencia energética, gestión inteligente de la demanda y alineamiento con la transición energética nacional.
<b>8</b> TRABAJO DECENTE Y CRECIMIENTO ECONÓMICO 	<ul style="list-style-type: none"> <li>Capital humano y empleos verdes en la electromovilidad</li> <li>Condiciones laborales y capacitación en empresas operadoras</li> <li>Confiabilidad, mantenimiento y telemetría</li> </ul>	Generación de empleos verdes, mejora de condiciones de trabajo, capacitación técnica, aumento de productividad y reducción de costos operacionales.
<b>9</b> INDUSTRIA, INNOVACIÓN E INFRAESTRUCTURA 	<ul style="list-style-type: none"> <li>Electroterminales: columna vertebral del sistema eléctrico de buses</li> <li>Infraestructura para la electromovilidad: resiliencia y gestión energética</li> <li>Telemetría, monitoreo inteligente y mantenimiento predictivo</li> </ul>	Desarrollo de infraestructura crítica, innovación tecnológica, digitalización, estándares técnicos y fortalecimiento de capacidades industriales.
<b>11</b> CIUDADES Y COMUNIDADES SOSTENIBLES 	<ul style="list-style-type: none"> <li>Infraestructura RED y su aporte a la transformación urbana</li> <li>Electroterminales y transformación urbana</li> <li>Vías prioritarias y puntos de parada seguros</li> </ul>	Transporte público limpio, accesible y resiliente; reducción de externalidades urbanas; fortalecimiento de la equidad territorial y la calidad del espacio público.
<b>12</b> PRODUCCIÓN Y CONSUMO RESPONSABLES 	<ul style="list-style-type: none"> <li>Eficiencia energética de la flota</li> <li>Gestión de residuos y consumo hídrico en terminales</li> <li>Gestión de baterías y ciclo de vida de los activos</li> </ul>	Uso eficiente de recursos, reducción de consumo energético por km, gestión responsable de residuos y optimización del ciclo de vida de buses y baterías.
<b>13</b> ACCIÓN POR EL CLIMA 	<ul style="list-style-type: none"> <li>Consumo de energía y reducción de GEI</li> <li>Emisiones locales y globales del transporte público</li> <li>Resiliencia del sistema frente a contingencias</li> </ul>	Mitigación del cambio climático, reducción de emisiones de GEI, adaptación mediante resiliencia energética y continuidad del servicio.



**Año 2015**

**Chile apuesta por el futuro**

Chile presenta sus compromisos climáticos (NDC) acordando reducir 30% sus emisiones al 2030. La electromovilidad se integra como parte del transporte público y de la Política Nacional de Energía 2050.

**Año 2016**

**Fortalecimiento normativo para un transporte más limpio**

Plan de Prevención y Descontaminación de Santiago (PPDA) del Ministerio de Medio Ambiente exige norma de emisión Euro VI para buses nuevos a partir de 2018, sentando las bases regulatorias para la incorporación de tecnologías más limpias en el transporte público.

**Año 2017**

**Primeras pruebas de buses eléctricos y otras tecnologías**

Se inician pruebas piloto con dos buses eléctricos, diez buses diésel Euro VI y un bus de dos pisos, todos con alto estándar de confort, incorporando aire acondicionado, USB, asientos acolchados y cabinas seguras para la conducción. Ese mismo año se lanza la primera Estrategia Nacional de Electromovilidad, abriendo el camino hacia un transporte público más limpio y moderno.

**Año 2018**

**Primer salto masivo**

100 buses eléctricos de Metbus, con energía suministrada por Enel, comienzan a operar en siete comunas de la ciudad. Además, se inauguran los 2 primeros electroterminales de carga inteligente en Maipú y Peñalolén, con más de 120 electrolineras.

**Año 2019**

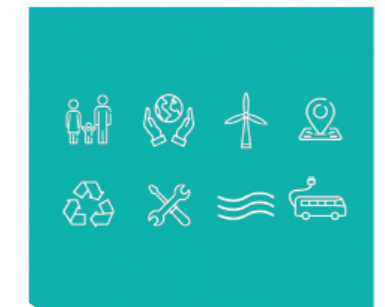
**Transantiago se transforma en RED Movilidad.**

Se suman 288 buses eléctricos y 613 buses diésel Euro VI con alto estándar de confort, destacando por su color rojo – gris y, la incorporación de aire acondicionado, USB, Wifi, asientos acolchados, cabinas seguras para conductores, cambiando la experiencia de viaje. Además, comienza un nuevo modelo de licitación con la publicación dos bases: una para el Suministro de Buses y otra para la Concesión de Uso de Vías, separando la operación de transporte de la adquisición y mantenimiento de los vehículos.

**Año 2020**

**Chile carbono neutral al 2050**

Chile actualiza sus compromisos climáticos (NDC) y reemplazará más de 1.300 buses diésel Euro 3 por 836 eléctricos y 393 Euro VI.



**Año 2021**

**Metas climáticas: 100% buses cero emisiones**

La actualización de la Estrategia Nacional de Electromovilidad fija que, para el 2035, el 100% de las nuevas incorporaciones al transporte público sean vehículos cero emisiones, y al 2040, toda la flota será de tecnología cero emisiones. Se firman los Contratos para el Suministro de Buses, donde 3 empresas adjudicadas proveerán 991 buses eléctricos y 646 buses diésel Euro VI entre el 2022-2023.



**Año 2022**

**Preparando la expansión**

- Se firman Contratos de Concesión de Uso de Vías con las empresas de transportes RBU, STU y Metropol que se adjudican la operación de 153 recorridos. Inicia la Campaña "Red avanzamos Contigo" destinada a coordinar e informar a la ciudadanía, en coordinación con los municipios, la implementación gradual de los nuevos buses y servicios de transportes adjudicados.

- Se suscribe convenio marco de colaboración entre el Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones, Ministerio de Energía, Ministerio de Medio Ambiente y terceros, para el desarrollo de programas piloto de buses a hidrógeno en el sistema de transporte público de Santiago.

- Se realiza el Lanzamiento del Plan Antievasión, implementando una estrategia integral para reducir la evasión tarifaria, fortaleciendo la fiscalización, el control en el sistema RED Movilidad.

- En diciembre de 2022 se inicia la implementación de los contratos con la incorporación de nueva flota y un inédito traspaso de buses y terminales.



**Año 2023**

**Aceleración histórica**

- Entre diciembre 2022 y mayo 2023 se implementan 1.637 buses nuevos (eléctricos y diésel) y la habilitación de 14 electroterminales.

- Se realiza un inédito proceso de participación ciudadana "¿Qué te mueve?" tuvo como propósito servir de insumo para las nuevas Bases de Licitación de vías 2023, actualizando la información generada en el proceso de participación de 2016.

- Se publica la primera licitación 100% eléctrica (Concesión de Uso de Vías N°002/2023) que contempla la entrada 1.200 buses eléctricos y 20 electroterminales en 2025.

- Llegan los primeros buses eléctricos de dos pisos en Latinoamérica para los Juegos Panamericanos y el servicio 555 que conecta por primera vez al Aeropuerto.

- La electromovilidad reduce un 44% el ruido en la Alameda y reduce en 52,8% el material particulado fino (PM2.5) y 22,3% menos en CO2eq respecto al 2019.

- El Ministerio de Transporte y Telecomunicaciones publica Hoja de Ruta para el avance de la electromovilidad en Chile, estrategia al 2026 de 5 pilares que buscan masificar la electromovilidad en el país.



**Año 2024**

**Más buses, más confianza**

- Ingresan 214 buses eléctricos, alcanzando en 2024 2.505 buses eléctricos: 1 de cada 3 buses es eléctrico en el Sistema RED.

- Se concreta el segundo servicio al aeropuerto, que une la Estación Intermodal La Cisterna con el Aeropuerto.

- Se firman los Contratos de Concesión de Uso de Vías N°002/2023 con las empresas de transportes Voy Santiago, Gran Américas y Consorcio Conecta para sumar 1.267 buses eléctricos y la habilitación de 20 electroterminales en 2025.

- Se desarrollan pilotos de nuevas tecnologías embarcadas enfocadas en mejorar la seguridad de conducción y la información en tiempo real del funcionamiento del bus. Estos pilotos ayudaron a definir avances en la especificación de la flota.

- La confianza ciudadana alcanza un 56%, el nivel más alto en una década, según la encuesta CADEM N°568.



**Año 2025**

**Chile líder global en electromovilidad**

- Se publica Licitación de Concesión de Uso de Vías N° 001/2025, 100% cero emisiones, que contempla la entrada de nuevos buses eléctricos y se proyecta que la licitación sea adjudicada durante el primer trimestre de 2026.

- Comienza la puesta en marcha de la Concesión de Uso de Vías N°002/2023, un año marcado por la modernización con el inicio de operación de 1.344 nuevos buses eléctricos, alcanzando 3.849 en total equivalentes al 58% de la flota del Sistema RED Movilidad y 45 electroterminales que respaldan su operación.

- Se incorporan buses eléctricos de dos pisos y nuevas marcas de buses eléctricos, ampliando la oferta tecnológica, fortaleciendo la competencia y adaptando la flota a distintos contextos de demanda y operación.

- Inician su operación los primeros buses articulados eléctricos de la Región

- Se inicia la construcción de los primeros 4 electroterminales de carácter público mediante la empresa pública Desarrollo País, consolidando un nuevo modelo de

infraestructura al servicio del sistema.

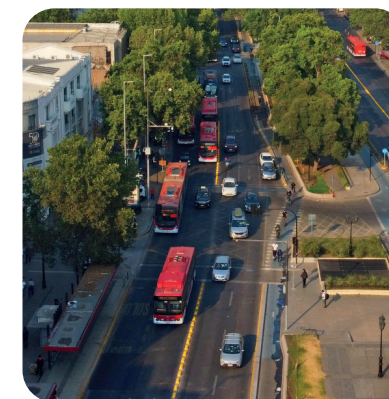
- Avanzan alianzas estratégicas para el pilotaje de buses a hidrógeno verde en el transporte público con instituciones como el Ministerio de Energía, GIZ, Reborn Electric y HydroHaul.

- RED Movilidad se consolida como Marca Ciudadana, ingresando al ranking nacional de CADEM y destacando en compromiso ambiental y aporte a la calidad de vida.

- Chile se consolida como referente mundial, siendo el segundo país con más buses eléctricos en el mundo luego de China.

- Los servicios 555 y 444 al Aeropuerto de Santiago se consolidan como una alternativa pública, económica y sustentable, superando los 6 millones de viajes y registrando un crecimiento sostenido de la demanda.

- En 2025 se alcanzaron 1.368 millones de transacciones, aumentando 28,8% respecto de 2022



## C. Bases de la electromovilidad

En atención al compromiso del Estado de Chile en 2015, que planteó reducir 30% sus emisiones al 2030 en su primera presentación de NDC, la incorporación de los primeros dos buses eléctricos al sistema de transporte público de Santiago en 2017 marcó un hito fundacional para RED Movilidad.

Estos buses permitieron evaluar en condiciones reales la capacidad de operación frente a las características específicas de Santiago (topografía, densidad, demanda en punta), la capacidad del sistema eléctrico para articular y entregar la energía necesaria para su carga. Al mismo tiempo, hicieron posible observar los beneficios operacionales, de mantenimiento y la experiencia de las personas usuarias al viajar en una flota moderna, silenciosa y confortable.

A partir de su operación se sentaron las bases para planificar, de manera gradual pero decidida, la incorporación de este tipo de flota a una escala muy superior. Hoy, ocho años después, el Sistema RED Movilidad se ha consolidado como un referente mundial por la temprana incorporación de flota sustentable, baja y cero emisiones, contar con la flota de buses eléctricos más grande del mundo fuera de las ciudades chinas e impulsar en 2023 el mayor proceso de licitación 100% eléctrica para una sola ciudad en occidente. Este capítulo destaca aspectos claves que permitieron avanzar en este camino y consolidar la electromovilidad en Chile.

### ➔ 1. Claves legales y financieras: cimientos de la electromovilidad en RED Movilidad

#### a) Claves legales

La transformación del transporte público en Chile ha sido posible gracias a un marco legal y financiero que combina estabilidad económica, control público y sostenibilidad ambiental. Desde la promulgación de la ley N°20.378, que crea un Subsidio Nacional al Transporte Público, en 2009, el país cuenta con un instrumento permanente que asegura el financiamiento del sistema, entrega certezas a la industria y permite planificar inversiones a largo plazo. Este subsidio se ha convertido en la base de un modelo capaz de incorporar tecnologías limpias, reducir riesgos operativos y garantizar la continuidad del servicio.

Dicha ley establece un subsidio reajutable anualmente en la respectiva ley de presupuestos de la nación y crea un Panel de Expertos, órgano técnico autónomo encargado de revisar trimestralmente los ajustes tarifarios para resguardar la sostenibilidad financiera del sistema. Estos ajustes pueden realizarse con el objetivo de mantener el valor real de la tarifa o para definir el nivel de tarifa que permita financiar el sistema. En términos operativos, la transferencia y uso del subsidio es autorizada quincenalmente mediante decreto afecto, a partir del examen de la Contraloría General de la República, asegurando legalidad, trazabilidad y transparencia en el flujo de pagos.

Por otra parte, los ingresos del sistema, compuestos por aquellos que provienen de tarifas y el subsidio, son administrados por el Administrador Financiero del Transantiago (AFT), que los gestiona como un patrimonio autónomo e independiente de la unidad gestora. En este esquema, el Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones (MTT) instruye y coordina los pagos

a las empresas operadoras conforme a los estándares establecidos.

A este marco se suman normas complementarias, como la ley N°18.696, que establece entre otros las normas bases de los procesos de licitación de uso de vías del sistema transporte público, la ley N°18.059 que asigna al Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones el carácter de organismo rector nacional de tránsito y le señala atribuciones y el Decreto Supremo N°212, que otorga al MTT facultades para regular la operación, definir estándares técnicos y establecer condiciones de concesión del transporte público urbano. Estas normas entregan flexibilidad contractual mediante dos instrumentos: la Concesión de Uso de Vías, adjudicada por licitación pública, y las Condiciones Específicas de Operación, aplicadas cuando se requiere continuidad del servicio mientras se realiza un nuevo proceso licitatorio. Ambos mecanismos establecen obligaciones equivalentes y regulan aspectos como la conformación de flota, las características técnicas de los vehículos y los estándares de operación y mantenimiento.

#### b) Claves financieras

El diseño del modelo de negocios del transporte público de Santiago se basa en tres pilares fundamentales: un subsidio que garantiza el financiamiento, la reducción de barreras de entrada para fomentar la competencia y la mitigación de riesgos financieros a través de una estructura contractual que entrega certezas.

El principal elemento financiero del sistema corresponde a su subsidio permanente, establecido por ley, el cual constituye una inversión social provista por el Estado que asegura la sostenibilidad financiera. Al ser parte de los ingresos del sistema, complementa los recursos provenientes de tarifas, disminuyendo la exposición a las variaciones de demanda y mitigando los riesgos asociados. Asimismo, al contar con respaldo legal, entrega certezas de largo plazo, incentivando la inversión y contribuyendo a la reducción de tasas y costos financieros.

Por otro lado, la adquisición de terminales por parte del Estado, a través de la empresa estatal Desarrollo País, ha sido fundamental para la eliminación de barreras de entrada al Sistema. En el marco de un modelo que separa la operación de los servicios de la propiedad de los activos, el Ministerio pone a disposición de las empresas operadoras la totalidad de los inmuebles requeridos para la operación, sin exigir que estas cuenten previamente con terrenos ni deban realizar inversiones para adquirirlos una vez adjudicados los servicios. Esto resulta en un fuerte incentivo a la participación, con efectos directos en los niveles de competencia y en los precios resultantes de los procesos.

Finalmente, teniendo como base el subsidio y la separación entre operación y activos, en Santiago se ha podido desarrollar un modelo de provisión de flota e infraestructura de carga que permite al Estado mantener control sobre los bienes esenciales y asegurar la continuidad del sistema, incluso ante cambios de operador. A través del AFT, el modelo implementa una administración financiera centralizada que garantiza el pago íntegro de los activos durante toda su vida útil, reduciendo riesgos financieros y otorgando estabilidad al sistema.

Su estructura se sustenta en un contrato de provisión donde se definen dos características principales: cuotas de flota (o infraestructura) y la categoría de bienes afectos a concesión. Dichos contratos de provisión permiten a los operadores acceder a los activos necesarios, como buses eléctricos e infraestructura de carga, previa aprobación del MTT, asegurando el cumplimiento de los estándares técnicos y financieros y fomentando la competencia.

En ellos siempre se define una cuota de flota (o infraestructura), que corresponde a un pago fijo mensual destinado a cubrir la amortización del capital y los costos financieros asociados a la adquisición de los

bienes. Esta cuota, administrada por el AFT, se transfiere directamente a los financistas de los activos, evitando morosidades y garantizando la continuidad operativa. Con este mecanismo, se desacopla la gestión financiera de la operación, brindando certidumbre a inversionistas y estabilidad al sistema.

Por su parte, la figura de los bienes afectos a concesión, regulada en el artículo 3° nonies de la ley N°18.696, establece que todos los bienes indispensables para la prestación del servicio permanezcan vinculados al sistema. Esto permite que, al término de un contrato, los activos con vida útil remanente se transfieran automáticamente al nuevo operador, asegurando la continuidad del servicio y la protección del patrimonio público, además del pago íntegro de las cuotas hasta el fin de la vida útil.

Este marco legal y financiero ha sido esencial para la implementación de la electromovilidad, permitiendo la incorporación de flotas 100% eléctricas y la construcción de electroterminales. Además, ha facilitado la entrada de nuevos actores financieros y tecnológicos, reduciendo barreras de inversión y atrayendo capital privado bajo reglas claras y previsible.

En conjunto, estas herramientas consolidan un modelo replicable y eficiente, alineado con los objetivos de sostenibilidad y responsabilidad fiscal del Estado. Gracias a este marco, Santiago cuenta hoy con una de las mayores flotas eléctricas del mundo y un esquema de gobernanza que equilibra la participación pública y privada, promueve la innovación tecnológica y garantiza que los beneficios ambientales y sociales de la electromovilidad perduren en el tiempo.



## → 2. Licitaciones de uso de vías: diseño competitivo y resultados

### a) Proceso 2017: prototipo de un nuevo modelo

En 2017, a partir de las facultades que permiten al MTT licitar el uso de vías en casos de congestión, deterioro del medio ambiente o de las condiciones de seguridad vial, y ante la proximidad del término de cuatro contratos de concesión en 2018, se elaboraron las primeras bases de licitación con foco estructural en sostenibilidad, contemplando 90 buses eléctricos. Aunque ese proceso no llegó a adjudicarse en marzo de 2018 tras la presentación de 13 ofertas, fue pionero en la construcción del modelo actual.

En primer lugar, estructuró de manera explícita la separación entre capital y operación. Se perfeccionó la figura del Contrato de Provisión, celebrado por la empresa operadora para el uso y goce de los bienes necesarios para prestar los servicios y aprobado por el Ministerio, y se reforzó jurídicamente la figura de los bienes afectos a la concesión, creada en 2015. Esta combinación aseguró que buses y terminales pudieran ser transferidos al nuevo operador en caso de término de contrato, resguardando la continuidad del servicio.

En segundo término, por primera vez el Estado asumió directamente la gestión y adquisición de terminales, sentando el antecedente de lo que posteriormente serían los electroterminales como infraestructura estratégica del sistema. Esto implicó reconocer a los patios de buses no solo como instalaciones privadas, sino como piezas clave de la política pública de transporte. Así se adquirieron los primeros nueve terminales por parte del SERVIU Metropolitano, transformándose en los primeros terminales públicos del Sistema.

Finalmente, el proceso de 2017 reorientó los incentivos e indicadores hacia la calidad de servicio y la sustentabilidad ambiental. La fórmula de pago se modificó para que la oferta, en términos de kilómetros, flota y estándar, tuviera un peso mayor que la demanda, coherente con la evidencia internacional que muestra que sistemas regulados por oferta son más estables y previsibles.

Además, se incorporaron incentivos explícitos a la flota de bajas y cero emisiones. Al menos un servicio por unidad debía ser bajo o cero emisiones, se otorgaba mayor puntaje y un plazo de concesión más extenso cuando la oferta incorporaba buses cero emisiones (hasta 10 años en lugar de 8), y se establecieron vidas útiles diferenciadas por tecnología: 10 años para buses diésel, 12 para gas e híbridos y 14 años o 1,2 millones de kilómetros para buses eléctricos.

Aunque no llegó a ejecutarse, este modelo introdujo un cambio sustantivo en la lógica de participación de las empresas operadoras, al proponer un nuevo esquema con menores barreras de entrada, desacoplar los plazos de los contratos de provisión de bienes y de operación,

y habilitar mecanismos para la transferencia de activos entre concesionarios. Con ello, se redujeron riesgos financieros, se favoreció la competencia y se aseguró que los bienes esenciales para el servicio permanecieran en el sistema.

### b) Proceso de licitación 2019-2022

Tras el proceso 2017, se diseñó un nuevo esquema que recogía su espíritu, pero mediante dos licitaciones complementarias: una para el suministro de buses (LSB) y otra para la concesión del uso de vías (LUV). El proceso duró más de tres años y reforzó la separación entre capital y operación: los operadores debían seleccionar su flota a partir de un listado resultante del proceso de suministro.

Tras tres años de trabajo, se recibieron 16 ofertas para la licitación de operación y 23 para el suministro de buses; se adjudicaron contratos que permitieron contratar la adquisición de 992 buses eléctricos y 648 buses diésel Euro VI de tres fabricantes (Foton, Mercedes-Benz/CAIO, Volvo/Marcopolo) y se adjudicaron a tres operadores (RBU, STU y Metropól) en seis unidades de servicio.

Los incentivos hacia una flota sustentable se hicieron más específicos. Se dispuso una mayor duración de la concesión (de 5 a 7 años) si al menos el 50% de la flota propuesta era eléctrica (meta lograda por tres unidades de servicio); una vida útil diferenciada: 1.000.000 km o 10 años para diésel, 1.400.000 km o 14 años para eléctricos y, la obligación del suministrador de realizar, a su costo, un recambio de baterías cuando la autonomía cayera por debajo del mínimo requerido.

### c) Red Avanzamos Contigo: implementación a escala inédita

El despliegue de este nuevo modelo, que implicó el cambio de operadores, el traspaso de terminales y buses, la incorporación de flota nueva y la construcción de los primeros electroterminales, fue planificado durante 2022 e implementado en un plazo de seis meses, entre diciembre de 2022 y mayo de 2023.

Para acompañar este proceso se desarrolló la campaña de información al usuario "Red Avanzamos Contigo", que incluyó un plan comunicacional conjunto con municipios, asociaciones municipales, Carabineros, empresas operadoras y servicios dependientes del Ministerio de Energía, orientado a informar la transición de manera gradual y transparente.

La implementación modificó cerca del 40% del sistema, con cambios en 153 servicios, 40 ajustes al Programa de Operación y la creación de 9 nuevos recorridos. En este mismo período se incorporaron 1.600 buses nuevos, de los cuales 992 eran eléctricos, y se traspasaron 18 terminales, 13 de ellos electroterminales, ubicados en 10 comunas de la ciudad (La Pintana, Huechuraba, Peñalolén, Renca,

Puente Alto, Quilicura, Maipú, Pudahuel, Las Condes y Lo Prado). A inicios de 2023, como resultado de este proceso, dos de cada tres buses del sistema pasaron a ser

sustentables y de estándar Red, consolidando un salto cualitativo en la modernización de la flota y marcando un hito en la historia del Sistema.



**d) Proceso de licitación 2023: consagración del modelo de provisión y primera licitación 100% eléctrica**

Sobre la base de las lecciones de los procesos desarrollados entre 2017-2023, de los estudios realizados por externos, de los análisis de los procesos y una consulta al mercado, se construyeron las nuevas bases de licitación, las que contemplaron dos procesos estratégicos claves:

a) Proceso de participación ciudadana denominado “¿Qué te mueve?”, que actualizó los insumos ciudadanos, incorporando de forma transversal criterios de accesibilidad universal y enfoque de género. En este proceso, participaron 15.300 personas del Gran Santiago mediante encuestas, diálogos territoriales en 20 comunas y 10 talleres temáticos con grupos de interés. Estos talleres incluyeron a personas con discapacidad, personas mayores, cuidadoras y cuidadores, migrantes, estudiantes, niñas, niños y adolescentes, personal de conducción y especialistas en movilidad y género, visibilizando necesidades específicas de seguridad, accesibilidad y viajes de cuidado.

b) Consulta a la industria, de carácter inédito que comprendió más de 90 consultas divididas en 4 acápite que permitió recoger información actualizada sobre avances tecnológicos en flota e infraestructura de buses cero emisiones. En el proceso participaron 12 empresas nacionales e internacionales del sector y se abordaron aspectos clave como autonomía, baterías, gestión de carga, costos, seguridad e innovaciones tecnológicas, además de un webinar con cerca de 60 asistentes del mercado.

Entre los resultados de esta consulta destacan menores costos de mantenimiento, baja indisponibilidad de flota y ahorros energéticos de hasta 15% asociados a una conducción eficiente, junto con una reducción significativa de emisiones contaminantes. Asimismo, se evidenció una baja degradación de baterías tras 10 años de operación y el desarrollo de proyectos de segunda vida de baterías para almacenamiento energético, integrables con energías renovables. Asimismo, se relevaron avances en seguridad y confort, incorporando monitoreo eléctrico, protección de baterías y tecnologías orientadas a mejorar la seguridad, accesibilidad y experiencia de personas usuarias y del personal de conducción.

A partir de todo lo anterior, se rediseñó el modelo de licitación buscando mantener las ventajas de la separación entre capital y operación, pero considerando nuevos mecanismos para fortalecer la competencia en todos los ámbitos y acelerar la toma de decisiones.

Esto implicó que el modelo de licitación 2023 estableciera la presentación conjunta de ofertas entre operador, proveedor de flota, financista y proveedor de infraestructura de carga, tal como figuraba en el modelo

2017. Para mantener la separación entre operación y activos se vuelve a la figura del contrato de provisión tanto para la flota como para la infraestructura de carga, el cual los define como bienes afectos que se pueden traspasar entre operadores y establece las respectivas cuotas mensuales a pagar de manera independiente, directamente desde el AFT, sin estar sujetas a indicadores operacionales o a riesgos asociados a la demanda.

El trabajo conjunto entre los actores (operadores, proveedores de flota e infraestructura y financistas) permitió capturar todas las complementariedades que existen entre unidades expertas en cada ámbito. Así, se contribuyó a la elaboración de ofertas sin incertidumbres, conociendo todos los aspectos relativos a los rendimientos, mantención, ciclos de baterías, entre otros, los cuales pudieron ser incorporados en el cálculo de los precios y en la generación de las ofertas competitivas. También, por el lado de los proveedores y financistas, se les entregaba certezas desde el primer minuto de la escala del negocio, la posibilidad de adaptar su oferta a la moneda que mejores réditos podía tener y se eliminaba la incertidumbre asociada a los plazos extendidos relativos a dos procesos consecutivos de licitación.

El proceso se desarrolló en 11 meses, desde el llamado a concurso hasta la adjudicación, reduciendo de manera significativa los plazos respecto del ciclo anterior y entregando mayor certeza al mercado al acotar el período de capital inmovilizado.

Los resultados fueron contundentes. Se presentaron 86 ofertas para las cinco Unidades de Servicio licitadas, con la participación de nueve operadores provenientes de Chile, Colombia, Francia, México, España y Argentina; cinco fabricantes con base en China; cuatro entidades financieras de Chile, Estados Unidos, Colombia y Brasil; y dos proveedores de infraestructura de carga de Chile e Italia. La participación se quintuplicó respecto del proceso de 2019, con un promedio de 17 ofertas por Unidad, y permitió adjudicar la incorporación de 1.267 nuevos buses eléctricos.

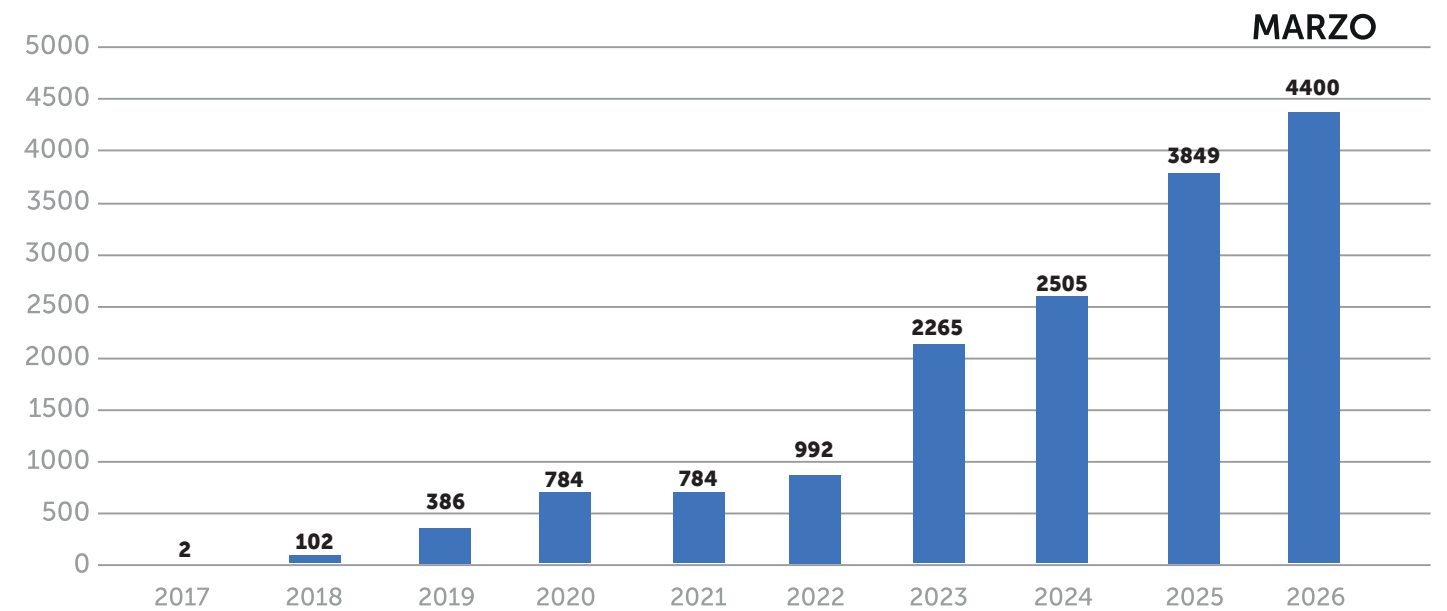
La competencia evidenciada en el proceso se tradujo en reducciones de entre 7% y 15% en las cuotas de flota respecto de adquisiciones precedentes y en un ahorro estimado de 60 millones de dólares anuales para el sistema. Además, se sumaron dos nuevos operadores a Red Movilidad: Gran Américas, empresa colombiana con experiencia en TransMilenio, en la Unidad de Servicio 16 y el Consorcio Conecta, alianza entre Hualpén (Chile) y dos grupos con experiencia internacional Avanza (España) y ADO (México), en las Unidades de Servicio 17 y 18. Las dos restantes unidades fueron adjudicadas a Voy Santiago.

El proceso de implementación de esta licitación comenzó en mayo de 2025 y actualmente se encuentra en su etapa final. A la fecha ya se han incorporado el 81% de los buses eléctricos y el 75% de los nuevos electroterminales

comprometidos. Su ejecución ha requerido una coordinación estrecha con instituciones públicas y privadas para planificar la transición, ajustar la operación y asegurar que la entrada de la nueva flota eléctrica se integre de manera armónica al sistema existente. Este despliegue y las lecciones asociadas se profundizan en

el apartado siguiente, a partir de la voz de los diferentes actores del ecosistema de la electromovilidad. Esta licitación más los procesos de renovación permitirá llegar a marzo de 2026 con 4.400 buses eléctricos, que representan el 68% del sistema Red Movilidad.

**Gráfico 1: Evolución de la Flota Eléctrica 2017 - 2026**



Fuente: Elaboración propia con datos DTPM (2025)

**“La reducción de emisiones lograda por el Sistema RED entre 2018 y 2025 equivale a sacar de circulación cerca de 58.000 autos particulares cada año.”**

**“Más de la mitad de las transacciones en buses ya se realizan en flota eléctrica (54% en diciembre 2025)”**

### e) Proceso de Licitación 2025: Consolidación de la flota 100% eléctrica

Atendidos los resultados del modelo de licitación 2023, la licitación 2025 se concibe como un proceso de continuidad, que mantiene el esquema de adquisición de buses 100% eléctricos mediante contratos de provisión y refuerza los incentivos para tecnologías de cero emisiones. Se conservan elementos centrales como la certificación de mantenimiento por un tercero independiente, que garantiza estándares uniformes; la exigencia de un contrato con contenidos mínimos entre concesionarios y proveedores de buses; y la garantía de autonomía de las baterías por un período definido.

La evaluación técnica de las propuestas considera diversos aspectos, entre ellos la experiencia en transporte de pasajeros mediante buses, considerando la cantidad de buses y el período de dicha experiencia en la última década, entregando además mayor puntaje si se cuenta con experiencia de transporte público urbano en Chile, en zonas conurbadas o áreas metropolitanas en el extranjero.

Por otra parte, se evalúa también la experiencia de los fabricantes de buses, en particular en la producción de buses para transporte urbano y en buses eléctricos; la eficiencia energética de los vehículos ofertados, relevante para la operación de la flota eléctrica; y el gasto promedio

anual en personal, con el fin de incentivar propuestas que asignen mayores recursos al personal operativo y de mantenimiento.

En tanto, la evaluación económica se desarrolla en dos etapas: primero se determina el valor económico de cada oferta en función del precio por kilómetro (PK), la cantidad de buses, el costo de la flota y la cuota asociada a infraestructura y terminales, incorporando un pago específico por infraestructura de carga que separa claramente los costos de vehículos y de sistemas de carga. Luego se asigna un puntaje económico relativo considerando todas las ofertas técnicamente aceptables, asegurando la selección de propuestas eficientes y competitivas.

Al cierre de este informe, la licitación 2025 se encuentra en curso. En total se recibieron 63 ofertas de 8 empresas para 2 Unidades de Servicio objeto de la licitación. Este proceso, es la tercera fase que permitirá completar el recambio de flota más antigua en las Unidades de Servicio comprometidas y avanzar hacia la operación con buses 100% eléctricos. Este modelo, que articula innovación contractual, colaboración público-privada y flexibilidad normativa, consolida la electromovilidad como eje estructural del sistema y refuerza los incentivos para el buen funcionamiento de los vehículos, la eficiencia energética y la protección del capital humano, manteniendo a Chile como referente regional en electromovilidad.



### 3. Lecciones de transformación: la implementación de la electromovilidad en el Sistema RED Movilidad

La implementación de la electromovilidad en el Sistema RED Movilidad ha marcado un punto de inflexión en la evolución del transporte público de Santiago. Si los primeros pilotos demostraron que los buses eléctricos podían operar en la ciudad, este período consolidó el despliegue a gran escala de la electromovilidad como política pública, comprometiendo a operadores, fabricantes, empresas tecnológicas, proveedores de energía, organismos públicos y academia a coordinarse como un verdadero ecosistema. Las 26 organizaciones entrevistadas<sup>20</sup> para este informe permiten reconstruir ese proceso desde la voz de quienes lo vivieron, revelando aprendizajes comunes y desafíos compartidos.

#### a) Operadores de transporte: de piloto a nueva normalidad eléctrica

Para los operadores de buses, el ciclo reciente de expansión eléctrica marcó el paso definitivo desde la experimentación a la operación masiva. Metbus, pionero desde 2017, señala que la electromovilidad dejó de ser una "novedad tecnológica" para convertirse en el eje central de su oferta; empresas que incorporaron buses eléctricos más tarde, como Subus, Voy, Vule, RBU, STU, Metropol, Gran Américas y Consorcio Conecta, destacan que el sistema llegó a esta etapa con una curva de aprendizaje ya recorrida, lo que permitió evitar errores de diseño en la flota y en los electroterminales.

En todos los casos, la implementación de la electromovilidad implicó reorganizar turnos, redefinir estrategias de mantenimiento y revisar la forma en que se planifican los servicios. La transformación obligó a pasar de una lógica centrada en abastecer buses diésel en estaciones de servicio dispersas, a una operación donde el tiempo de carga, la potencia disponible en cada electroterminal, el cuidado de las baterías y las tarifas eléctricas se transforman en variables cotidianas de gestión. Para los equipos de planificación, esto significó incorporar nuevas condiciones de borde y para los equipos de mantenimiento, desarrollar competencias en sistemas de alto voltaje, electrónica de potencia y diagnóstico remoto.

*"Partimos con dos buses para aprender y terminaron escalando a casi 950, cambiando el estándar del sistema."*  
**Diego Fuentes,**  
Gerente de Planificación, Metbus

*"La electromovilidad ya no es un piloto; es parte de la normalidad del sistema y condiciona cómo planificamos, mantenemos y operamos todos los días."*  
**Matías Uribe,** Jefe de electromovilidad,  
Gerencia de operaciones y estudios, STU

*"Nuestra entrada a RED coincidió con la licitación 100% eléctrica. El mensaje es claro: aquí la electromovilidad ya no es la excepción, es la regla del juego."*  
**Roberto Cabrera,**  
Gerente de Mantenimiento,  
Conecta Mobility

*"La experiencia acumulada nos permitió llegar más tarde a la electrificación sin cometer los errores de los primeros años. Hoy vemos una flota más confiable y con menos interrupciones que la diésel."*  
**Jaime Trejos,**  
Asesor de Infraestructura, Subus

La electromovilidad también modificó la relación de los y las trabajadoras en su entorno laboral. Conductoras y conductores destacaron mejoras en su bienestar, asociadas a mejores condiciones para desempeñar su labor, como menor ruido, menos vibración, mejor climatización de cabina. Por su parte, el personal de mantenimiento y de patios observó una reducción de ciertas tareas asociadas a los motores diésel, como la manipulación de aceites y filtros, junto con la aparición de nuevas especialidades vinculadas a sistemas eléctricos y digitales.

Empresas como Gran Américas y Conecta, recientemente incorporadas al sistema, señalan que ingresar a un esquema ya consolidado y con marcos contractuales definidos les permitió focalizarse desde el inicio en la calidad de servicio, sin enfrentar las incertidumbres propias de etapas tempranas del modelo.

## b) Fabricantes de buses: construcción del "Estándar RED"

El despliegue progresivo entre 2019 y 2023 consolidó a Chile como un laboratorio exigente para los fabricantes de buses eléctricos. Empresas como Foton, Zhongtong y otras relatan cómo tuvieron que adaptar sus productos para responder a jornadas intensivas de operación, alta ocupación en hora punta, pendientes pronunciadas y exigencias contractuales de garantía de batería y vida útil. La combinación de grandes volúmenes, contratos de largo plazo y un sistema de seguimiento técnico estricto llevó a diseñar un estándar para Chile "Estándar RED" de bus eléctrico urbano.

*"To be honest, I always say that Chile is the number one country in zero-emission buses in the world, except for China. (Sinceramente, siempre digo que Chile es el país número uno en buses de cero emisiones en el mundo, después de China)."*

**Cairns Jiang, GM/Global New Energy Bus Director - American Dept, Zhongtong Bus Holding CoGerente de Buses y Vans Foton / Andes Motor**

*"Chile es uno de los países con más buses de cero emisiones fuera de China. Eso nos obligó a diseñar soluciones específicas para sus condiciones reales, no para un escenario de laboratorio."*

**Rodrigo Sepulveda, Gerente de Buses y Vans Foton / Andes Motor**

Los fabricantes destacan tres dimensiones clave del aprendizaje conjunto con el sistema: la autonomía de las baterías en operación, la eficiencia energética en corredores de alta demanda y la calidad para las personas usuarias y el personal de conducción. La evolución de las exigencias contractuales como la certificación de mantenimiento por terceros independientes y garantías de autonomía mínimas, refuerza esta lógica y alinea los incentivos: las tecnologías que funcionan mejor en terreno son las que obtienen mejores condiciones para mantenerse en el sistema.

## c) Proveedores de servicios tecnológicos: del bus aislado al sistema inteligente de gestión de carga

La implementación de la electromovilidad al nivel que presenta Santiago no habría sido posible sin el desarrollo paralelo de sistemas de planificación, gestión de carga y plataformas de monitoreo. Empresas como Optibus, Enerlink, Dhema y Tracktec destacan que la electromovilidad obligó a abandonar la visión del bus como unidad aislada y a verlo como parte de un sistema inteligente donde energía, operación y datos están íntimamente conectados.

*"La electromovilidad hace visible algo que siempre estuvo ahí: la importancia de planificar bien. La diferencia es que ahora una mala planificación se nota de inmediato en la carga, la autonomía, mayores costos operativos y la experiencia usuaria."*

**Alvaro Iriarte Sanderson, Regional Director Latam, Optibus**

*"Los electroterminales son, en la práctica, pequeñas centrales de gestión energética. Si se diseñan bien, permiten optimizar potencia, tarifa y operación, y abren la puerta a servicios futuros como el almacenamiento."*

**Sebastián Luque, Founder & CEO, Enerlink**

Para los planificadores, estas nuevas plataformas y herramientas de gestión energética permiten integrar restricciones de autonomía, tiempos de carga, disponibilidad de cargadores y potencia contratada en la programación de servicios. La oferta de las plataformas tecnológicas habilitó la gestión coordinada de la infraestructura de carga, conectando cargadores de distintas marcas en un sistema centralizado de gestión energética. Los sistemas de telemetría permiten monitorear consumos reales, estilos de conducción y disponibilidad de buses en tiempo casi real, cerrando el ciclo entre la planificación y la operación efectiva de los servicios.

*"Pasamos de mirar el bus como una máquina aislada a verlo como un nodo de datos. Velocidad, consumo, estado de carga: todo eso hoy alimenta decisiones operacionales en tiempo real."*

**Walter Moreno, Gerente Comercial, Tracktec**

## d) Proveedores de energía y distribuidoras: la red eléctrica se alinea con el transporte público

Desde la perspectiva de la energía, la masificación del transporte público eléctrico consolidó un cambio de escala: los electroterminales se transforman en grandes centros de demanda energética, con contratos de clientes libres, perfiles de consumo concentrados en periodos nocturnos y exigencias crecientes de seguridad y calidad de suministro.

*"El modelo que hay en Santiago es muy bueno porque le da mucha tranquilidad al financista: los pagos del AFT llegan todos los meses y eso es una tremenda garantía para invertir en infraestructura de carga y energía para la flota eléctrica."*

**Pablo Ugarte, Jefe del segmento de transporte público en RED, Copec Voltex**

*"Los contratos de energía cliente libre, el financiamiento de infraestructura de recarga y material rodante, fueron claves para que la electromovilidad fuera competitiva. Contratos de energía de largo plazo con precios estables, inversiones con garantías estatales dan certidumbre a los financistas y operadores ayudaron a masificar la flota eléctrica."*

**Orlando Meneses, Head of Engineering-Execution & eMobility Chile, Enel Commercial**

Enel X y Copec Voltex destacan que el esquema de contratos de largo plazo, sumado al financiamiento centralizado de las cuotas de flota y a la separación entre el costo de la energía y el costo de la infraestructura, otorga certidumbre para invertir en soluciones integradas de carga.

Para las distribuidoras (Enel Distribución, Empresa Eléctrica Puente Alto (EEPA), Compañía General de Electricidad (CGE)), el desafío ha estado en adaptar redes concebidas bajo una lógica tradicional a la irrupción de grandes puntos de demanda concentrados. Esto ha implicado reforzar alimentadores, construir nuevas líneas dedicadas y anticipar obras de red a partir de la información provista por el DTPM y los operadores.

*"Hemos construido líneas especiales solo para alimentar terminales eléctricos. La clave ha sido sentarse temprano a la mesa con transporte y definir juntos dónde y cuándo crecerá la demanda."*

**Hernán Martínez Videla, Área de Planificación, Enel Distribución**

*"Cada electroterminal es prácticamente un proyecto eléctrico mayor. Si la planificación con las distribuidoras y el Coordinador Eléctrico Nacional no se hace a tiempo, la operación simplemente no arranca."*

**Cristian Humeres, Gerente Comercial, Empresa Eléctrica Puente Alto (EEPA)**

Las entrevistas muestran que la coordinación temprana, junto con la claridad de los contratos y cronogramas, han sido factores clave para evitar cuellos de botella y habilitar los electroterminales en plazos compatibles con las licitaciones, asegurando así el inicio oportuno de la operación de las nuevas flotas eléctricas, el recambio progresivo de buses y una mejora efectiva en la calidad del servicio para las personas usuarias.

*"Para una distribuidora con presencia en la mayoría de las Regiones de Chile, la electromovilidad representa un desafío por la concentración de demanda en puntos específicos de la red, pero también la oportunidad de contribuir a la modernización de la infraestructura energética del país y continuar mejorando la calidad de servicio a todos sus clientes"*

**Oscar Facusse, Director Comercial, Compañía General Eléctrica (CGE)**

### e) Academia: evidencia, formación y mirada de largo plazo

La academia ha tenido un doble rol en este proceso: por una parte, entregar evidencia sobre los impactos ambientales y de salud de la electromovilidad; por otra, adaptar la formación de capital humano a las nuevas exigencias del sistema. Estudios en desarrollo por la Pontificia Universidad Católica de Chile analizan, por ejemplo, los efectos del cambio de buses diésel a eléctricos sobre enfermedades respiratorias y atenciones de urgencia, comparando los servicios de atención primaria de urgencias (SAPUs) y otros centros de salud local ubicados cerca de ejes electrificados con otros de control. Este tipo de análisis busca cuantificar de manera robusta cuánto del beneficio en salud puede atribuirse directamente a la renovación de flota.

“Los buses eléctricos reducen material particulado y NOx, pero los desafíos no se acaban ahí. Tenemos que avanzar en emisiones de frenos y neumáticos, ciberseguridad y segunda vida de baterías si queremos un sistema realmente sostenible.”

Mauricio Osses, Académico,  
Universidad Técnica Federico Santa María

“La experiencia chilena en electromovilidad es tan sólida que hoy la enseñamos en clases y somos un ejemplo para otros países. No hemos tenido errores masivos en la implementación y eso habla de un diseño cuidadoso del modelo.”

Hugo Silva, Académico,  
Pontificia Universidad Católica de Chile

Al mismo tiempo, académicos de la Universidad Técnica Federico Santa María subrayan que la electromovilidad ha impulsado la actualización de mallas curriculares, proyectos de título y programas de formación continua en temas como calidad del aire, electrónica de potencia, almacenamiento de energía y sistemas de transporte sostenible. La Ley Marco de Cambio Climático y las metas de carbono-neutralidad han actuado como catalizadores para que universidades, centros de formación técnica e institutos profesionales incorporen la movilidad sostenible y la electromovilidad como contenidos obligatorios.

La academia plantea, además, temas emergentes que van más allá del bus eléctrico estándar: la necesidad de abordar emisiones por desgaste abrasivo (frenos, neumáticos, carpeta rodante), la ciberseguridad de sistemas cada vez más conectados, la segunda vida de las baterías y la posible introducción de buses a hidrógeno verde en segmentos específicos.

### f) Organismos públicos: regulación, coordinación y justicia ambiental

Los organismos públicos entrevistados, entre ellos la Superintendencia de Electricidad y Combustibles (SEC), la Comisión Nacional de Energía (CNE), el Coordinador Eléctrico Nacional y el Servicio de Evaluación Ambiental (SEA), coinciden en que la electromovilidad en el transporte público ha exigido una nueva forma de coordinación intersectorial. La SEC ha debido desarrollar normativa específica para la infraestructura de electroterminales, conciliar la presión de plazos con exigencias de seguridad y formar capacidades técnicas en actores que antes no estaban familiarizados con sistemas de alta potencia.

“Nuestro rol es que toda esta infraestructura funcione de manera segura eficiente y sostenible. Sabemos que los plazos son exigentes, pero avanzar rápido solo tiene sentido si lo hacemos bien, con una red que genere confianza.”

Julio Clavijo, Jefe de Sostenibilidad  
Energética, Superintendencia de Electricidad y  
Combustibles (SEC)

Además, los equipos de trabajo de diversas instituciones han desarrollado y construido un conocimiento y una experiencia compartida que permiten enfrentar de mejor manera los desafíos asociados a las electroterminales. El intercambio permanente de aprendizajes, el uso de un lenguaje técnico común y la comprensión compartida de los ámbitos de la energía y el transporte han sido claves para nivelar capacidades, reducir brechas y favorecer la convergencia entre disciplinas, fortaleciendo así una mirada integral y coordinada para el desarrollo de estos proyectos.

El SEA aporta la perspectiva de la justicia ambiental y territorial. En la experiencia con los primeros cuatro terminales construidos por el Estado a través de la empresa pública Desarrollo País, el Servicio analizó su ingreso como terminales de buses y concluyó, tras la revisión jurídico-técnica, que se trataba de depósitos eléctricos de buses que no requerían someterse al SEIA como tales. Esta diferencia descansa en que, a diferencia de un terminal a combustión con interacción directa con pasajeros, estos depósitos reducen de manera

“Un depósito eléctrico reduce significativamente ruidos, vibraciones y emisiones para las vecinas y vecinos en comparación con un terminal a combustión. Eso también es justicia ambiental urbana.”

Arturo Farías, Director Regional Región Metropolitana,  
Servicio de Evaluación Ambiental (SEA)

La CNE, por su parte, ha incorporado explícitamente la demanda de electroterminales en la planificación de la transmisión, mientras el Coordinador Eléctrico Nacional ha debido gestionar procesos de acceso abierto y conexión de nuevas instalaciones en plazos acotados.

“Planificar de manera anticipada es vital para la implementación de la electromovilidad. El trabajo conjunto desarrollado se enfoca en garantizar la integridad del sistema eléctrico y en otorgar certezas a los diversos actores del proceso”

Enrique Cruces, Profesional Subdepartamento de  
Planificación, Comisión Nacional de Energía (CNE)

“Incorporar cientos de megawatts de potencia en pocos años no es trivial. Haber planificado la transmisión pensando en la electromovilidad nos permitió evitar cuellos de botella mayores.”

Carla Hernández, Subgerente de Interconexión  
de Proyectos, Coordinador Eléctrico Nacional

considerable emisiones locales, menores niveles de ruido y vibraciones, y no generan las mismas externalidades sobre las comunidades aledañas.

Al mismo tiempo, el SEA releva que esta nueva infraestructura puede asimilarse a una “industria inofensiva”, lo que abre la posibilidad de emplazar electroterminales en zonas más centrales y diversificar la presencia territorial del transporte público sostenible. Desde esta óptica, la electromovilidad no solo contribuye a mejorar la calidad del aire, sino también a redistribuir de forma más equitativa las cargas y beneficios ambientales en la ciudad.

## 4. Resiliencia del sistema: continuidad del servicio frente a contingencias

El crecimiento acelerado de la flota eléctrica ha puesto a prueba la resiliencia del sistema en distintos planos: desde cortes de energía y eventos climáticos hasta la capacidad institucional para reaccionar ante problemas técnicos o de infraestructura. Las entrevistas muestran que, lejos de ser un punto débil, la resiliencia se ha convertido en una de las principales fortalezas del modelo chileno de electromovilidad.

### a) Operadores y continuidad de la operación

Los operadores describen un conjunto de protocolos y prácticas que les permiten mantener la continuidad del servicio aun cuando se producen contingencias eléctricas o fallas en la infraestructura de carga. Subus, Metbus, Vule, Metropol, Gran Américas y otros relatan experiencias en las que cortes prolongados en ciertos terminales obligaron a usar grupos electrógenos, redistribuir flota, ajustar profundidades de carga y, en algunos casos, ajustar frecuencias o plazas de manera temporal en la oferta de buses para cubrir horarios críticos. La planificación de la energía, qué buses se cargan, cuándo y dónde, se ha integrado de manera natural, pero como condición necesaria para una buena planificación y operación de los servicios.

“Cuando se corta la energía, ya no es una sorpresa: sabemos qué buses mover, qué terminal puede apoyar y cómo priorizar las cargas para que el servicio no se detenga.”

Rodrigo Carreño,  
Subgerente de Operaciones, Vule

“Diseñamos nuestros planes pensando en que la red puede fallar. El respaldo y la coordinación entre patios permiten sostener la operación incluso en contingencias mayores.”

Marcelo Cornejo,  
Gerente de Operaciones, Gran Américas

El diseño contractual y la exigencia de sistemas de respaldo en cada centro de carga de transporte público han sido factores clave para facilitar estas respuestas. Los grupos electrógenos exigidos en las bases, la posibilidad de mover flota entre terminales dentro de una misma Unidad de Servicio, el apoyo entre terminales de operadores distintos y la flexibilidad para ajustar el programa de operación frente a eventos extraordinarios han permitido sostener la prestación de servicios incluso en contextos adversos.

### b) Energía, distribución y gestión de contingencias eléctricas

“Hoy sabemos que dejar sin suministro un electroterminal puede paralizar gran parte del transporte. Por eso lo tratamos como un cliente crítico dentro de nuestros planes de emergencia y diseño de red.”

Hernán Martínez Videla,  
Área de Planificación, Enel Distribución

Desde la perspectiva de la inyección de energía, las empresas distribuidoras, proveedoras de energía y operadoras de transportes han debido desarrollar protocolos específicos para electroterminales en el contexto de eventos de red. Las entrevistas evidencian que, ante contingencias de magnitud, se establecen prioridades de atención que, aun cuando hoy no siempre estén formalizadas en la normativa como “infraestructura crítica”, como personas electrodependientes u hospitales, por ejemplo, reconocen en la práctica la importancia del transporte público eléctrico para la continuidad de la vida urbana.

“En los electroterminales ya no pensamos solo en cuánto cargan, sino en cómo siguen operando cuando algo falla: capacidad de respuesta, monitoreo en línea y planes de emergencia son parte del diseño.”

Pablo Ugarte, Jefe Comercial  
Transporte Público RED, Copec Voltex

Los proveedores de energía e infraestructura de carga señalan que la resiliencia también se juega en el diseño de los sistemas: configuración de redundancias, segmentación de grupos de cargadores, capacidad de operar con potencias reducidas y monitoreo en línea del estado de la infraestructura. Estas decisiones permiten que, en caso de falla de un transformador o un alimentador, no se paralice por completo la operación del terminal, sino que se ajuste temporalmente la capacidad de carga.

### c) Reguladores y resiliencia normativa

Los organismos reguladores destacan que la resiliencia no se limita a la infraestructura física, sino que también requiere marcos normativos capaces de adaptarse a una realidad en cambio. La SEC ha desarrollado criterios específicos de diseño y respaldo para electroterminales, definidos normativamente como centros de carga de transporte público (CCTP), pensando en escenarios de falla, terremotos o eventos extremos. La CNE ha empezado a discutir el reconocimiento del transporte público eléctrico como infraestructura crítica, lo que permitiría formalizar la prioridad de reposición de suministro en caso de contingencias mayores.

“Diseñamos los electroterminales pensando también en emergencias. La idea es que, incluso con problemas en la red, el sistema pueda seguir operando con seguridad.”

Julio Clavijo, Jefe de Sostenibilidad Energética,  
Superintendencia de Electricidad y Combustibles (SEC)

El SEA, por su parte, incorpora una dimensión adicional al considerar la resiliencia ambiental y territorial: la posibilidad de emplazar depósitos eléctricos en zonas más centrales, con bajas externalidades locales, contribuye a reducir la dependencia de terminales periféricos y, por tanto, a diversificar la infraestructura crítica del sistema.

### d) Academia y aprendizaje para futuras contingencias

Desde la academia se observa la resiliencia del sistema como un proceso de aprendizaje continuo. Las experiencias de cortes, fallas localizadas o dificultades de coordinación han permitido identificar mejoras para los protocolos y procedimientos, rediseñar ciertos aspectos de los contratos e inspirar nuevas líneas de investigación en modelación de redes, planificación conjunta de transporte y energía y evaluación de riesgos sistémicos.

Los académicos subrayan que la resiliencia también pasa por diversificar tecnologías, fortalecer la formación en ciberseguridad y gestión de datos y seguir monitoreando los impactos ambientales asociados a fuentes de emisión no exhaustivas. La electromovilidad, señalan, debe ser entendida como parte de un sistema más amplio de infraestructura crítica urbana, donde transporte, energía, telecomunicaciones y servicios básicos interactúan entre sí.

“Existe consenso respecto a que la continuidad operativa de los electroterminales es fundamental para el transporte público. Para asegurarla, debemos utilizar todos los instrumentos regulatorios disponibles y, de ser necesario, trabajar en nuevas tipificaciones que reflejen la criticidad de este tipo de consumos.”

Enrique Cruces, Profesional Subdepartamento de  
Planificación, Comisión Nacional de Energía (CNE)

El Coordinador Eléctrico Nacional, por su parte, ha fortalecido sus procesos de acceso abierto y conexión para acelerar la entrada en operación de instalaciones estratégicas.

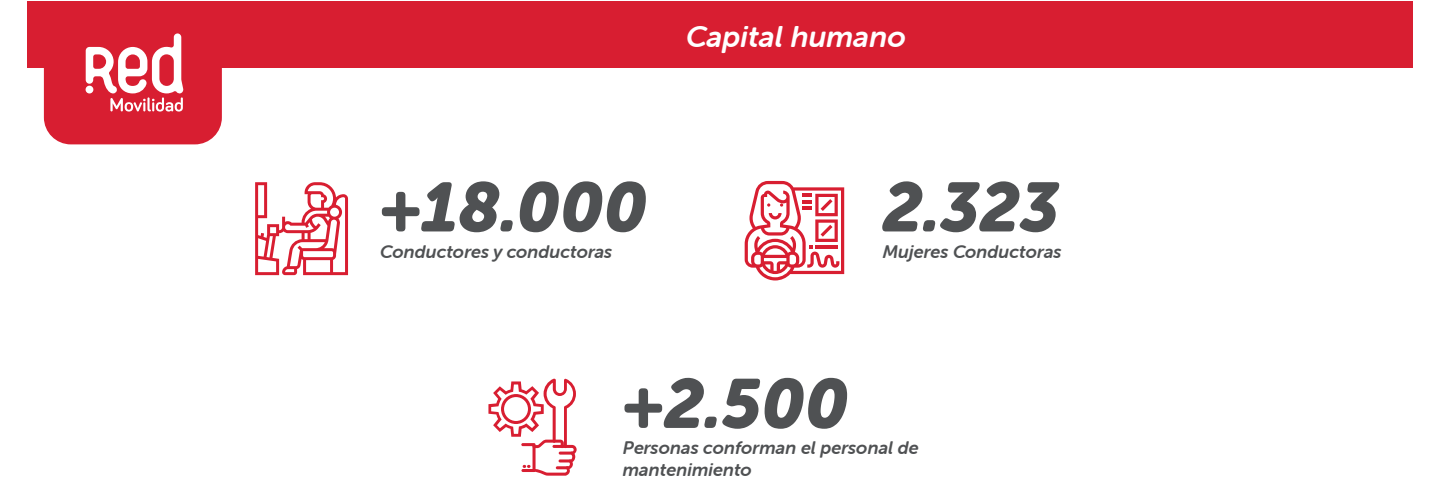
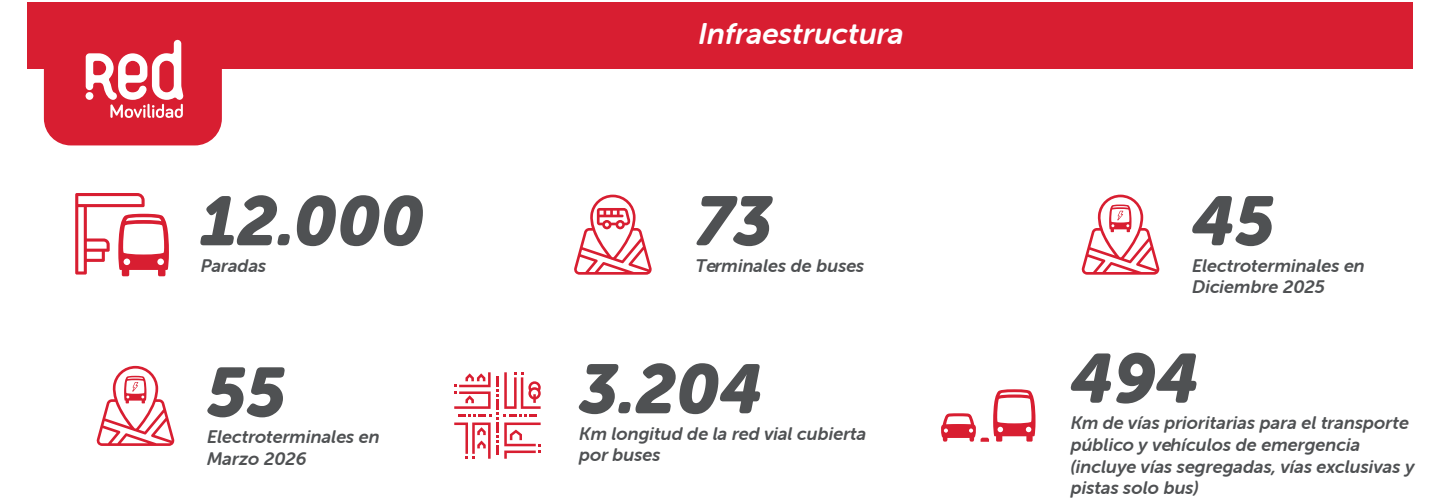
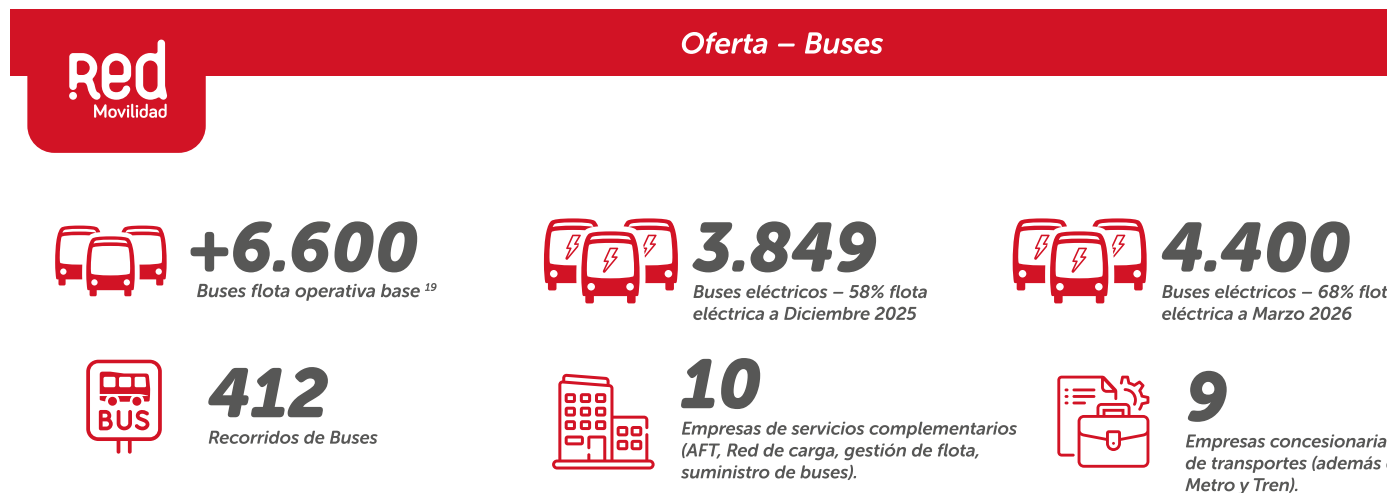
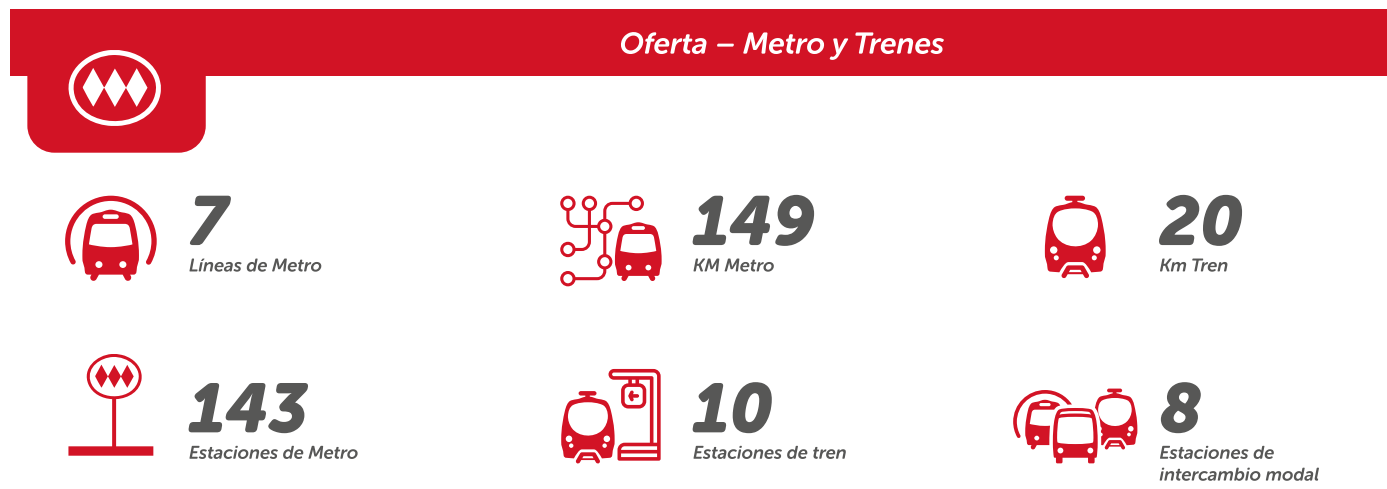
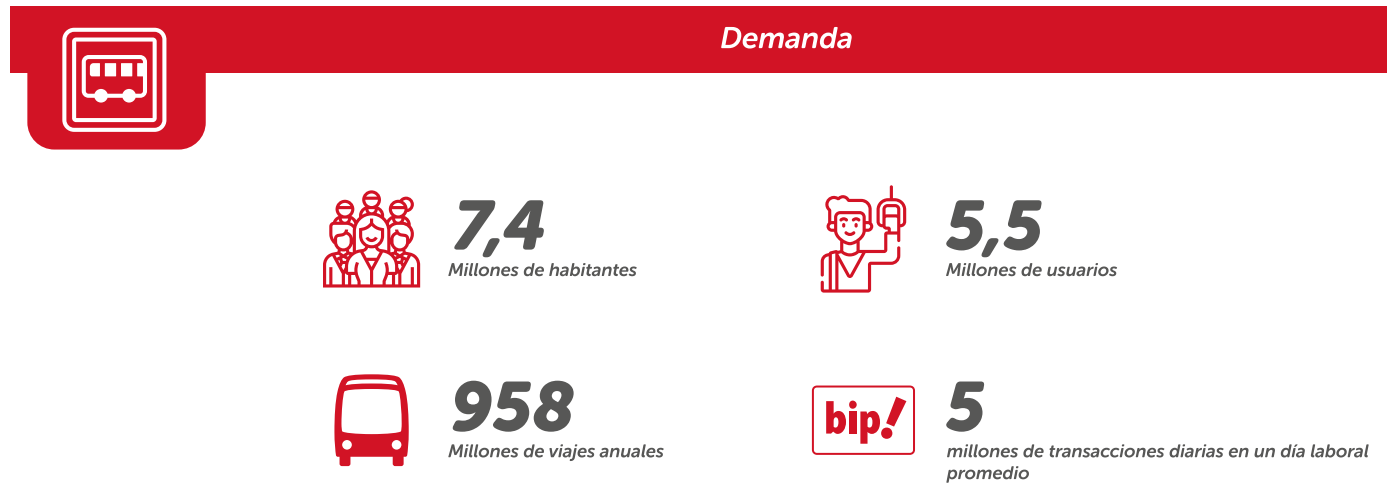
“Cuando se conecta un electroterminal, no solo se piensa en el día uno, sino en cómo va a responder la red cuando haya un evento grande. Ahí la planificación previa y la coordinación con el DTPM ha marcado la diferencia en la aceleración de la electromovilidad.”

Carla Hernández, Subgerente de Interconexión de  
Proyectos, Coordinador Eléctrico Nacional

“La electromovilidad ya mostró que puede sostenerse en escenarios adversos. El siguiente paso es integrar mejor transporte, energía y datos en la planificación de la ciudad.”

Hugo Silva, Académico  
Pontificia Universidad Católica de Chile

→ 5. RED Movilidad en cifras: cobertura, usuarios y servicios





# INNOVACIÓN

## QUE MUEVE PERSONAS



## II. Innovación que mueve personas

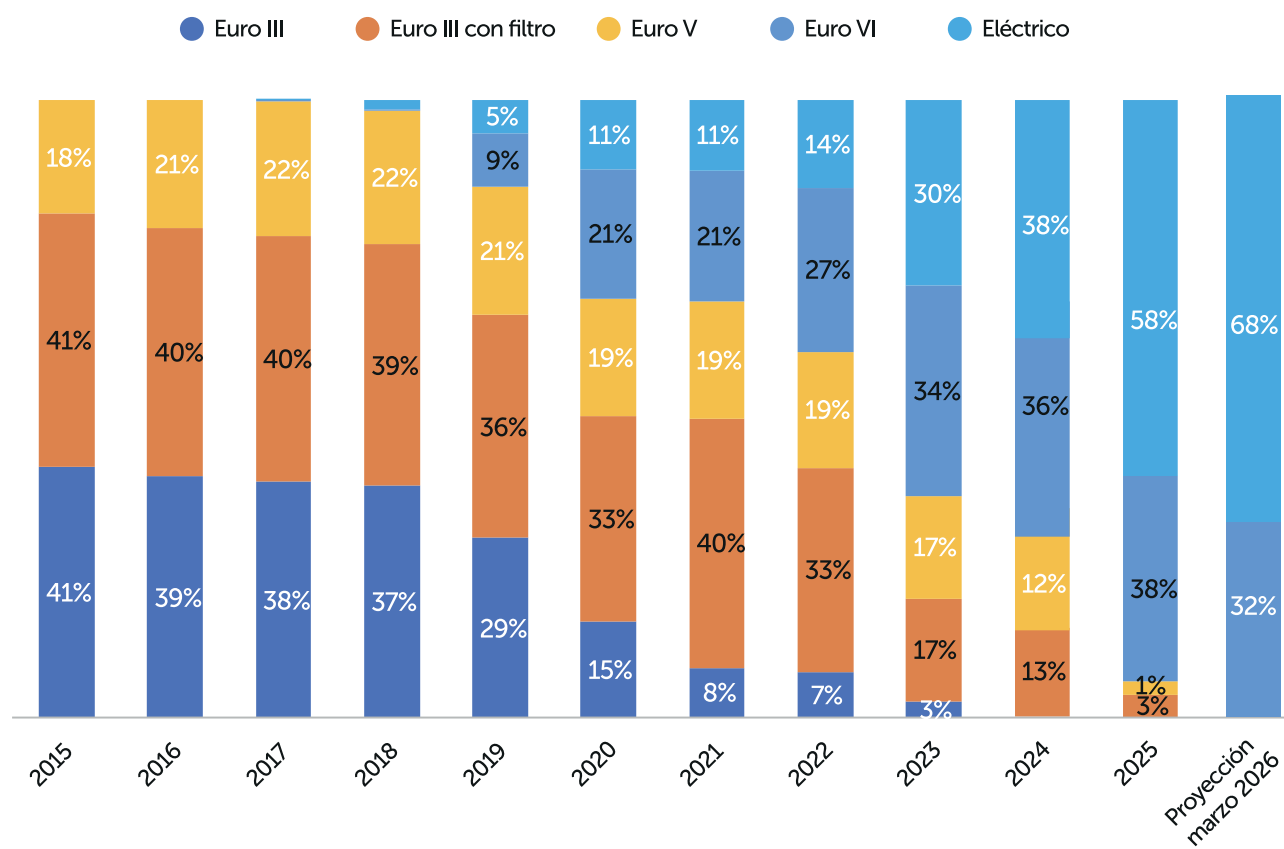
### A. Buses eléctricos y tecnología para las personas

#### 1. Evolución tecnológica

En poco más de dos décadas, Santiago pasó de operar un sistema de transporte público fragmentado y altamente contaminante a consolidar uno de los ecosistemas de electromovilidad más avanzados del mundo. Tras la implementación de Transantiago en 2005, la ciudad inició un camino de modernización que tuvo un punto de inflexión en 2017, cuando comenzaron a operar los primeros dos buses eléctricos y se publicó la primera Estrategia Nacional de Electromovilidad.

Ocho años después, esa política de Estado se traduce en una transformación profunda: a diciembre de 2025, RED Movilidad opera 3.849 buses eléctricos, equivalentes al 58% de la flota, convirtiendo a Santiago en la ciudad con más buses eléctricos de América Latina y se sitúa como la ciudad con mayor flota eléctrica a nivel mundial fuera de China. Esta cifra seguirá creciendo hasta alcanzar 4.400 buses eléctricos en marzo de 2026, lo que representará el 68% de la flota operativa base.

Gráfico 2: Evolución Tecnológica de la Flota 2015 – Proyección 2026



Fuente: Elaboración propia con datos DTPM (2025)

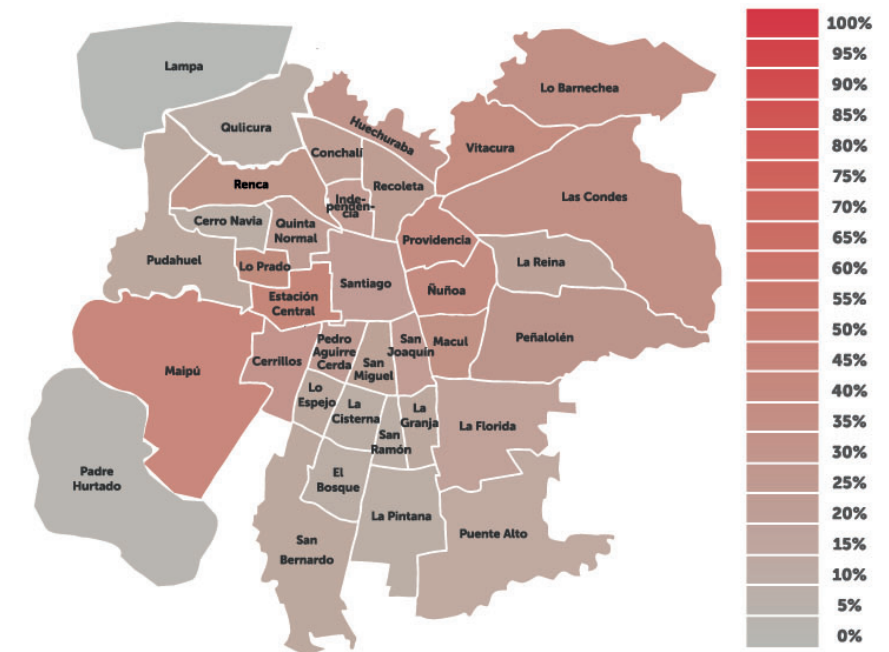
La transición tecnológica ha mejorado de manera sustantiva la operación del sistema: buses más silenciosos, confortables, eficientes y con tecnologías de asistencia que fortalecen la seguridad y la experiencia usuaria. La electrificación se ha convertido en un componente estructural

del sistema, adelantando en más de una década las metas sectoriales de la Estrategia Nacional de Electromovilidad (2022), que establece ventas 100% cero emisiones para vehículos de transporte público al 2035 y operación 100% cero emisiones al 2050.

En las siguientes ilustraciones se puede observar esta transición tecnológica a nivel territorial.

Ilustración 1: Impacto Territorial de la Flota 2021– 2025

Porcentaje de buses alto estándar por comuna 2021



Porcentaje de buses alto estándar por comuna 2025



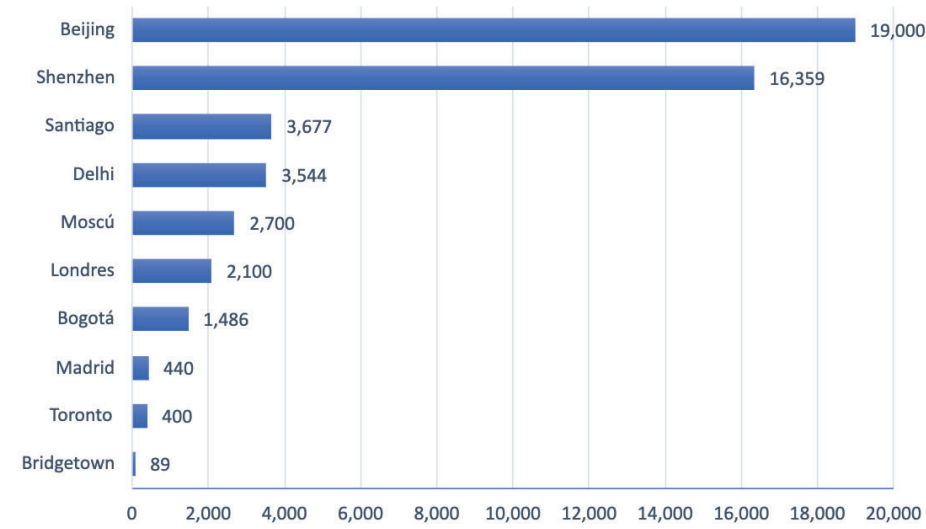
➔ 2. Chile en el contexto internacional de la electromovilidad

El liderazgo de Santiago en electromovilidad es ampliamente reconocido a nivel internacional. De acuerdo con la plataforma de datos del Centro de Movilidad Sostenible (CMS) y la alianza ZEBRA, que monitorea más de 52.000 buses eléctricos en 18 países, Santiago continúa siendo la ciudad líder de América Latina y el Caribe en flota eléctrica operativa, destacándose por su capacidad de

implementación, estandarización técnica y escalabilidad del modelo.

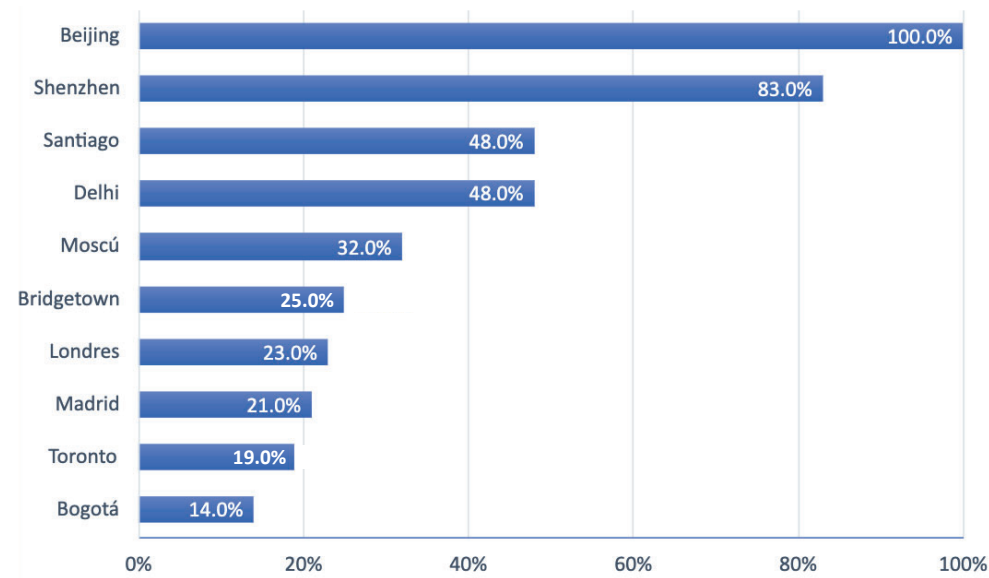
En 2025, la plataforma de reporte y georreferenciación de CMS muestra a más de 52.000 autobuses, destacando a Santiago de Chile como la ciudad con más buses eléctricos en Latinoamérica y el Caribe.

Gráfico 3: Cantidad de buses eléctricos por ciudad (2025)



Fuente: Centro de Movilidad Sostenible (www. (https://cmsostenible.org/))

Gráfico 4: Porcentaje de buses eléctricos por ciudad (2025)



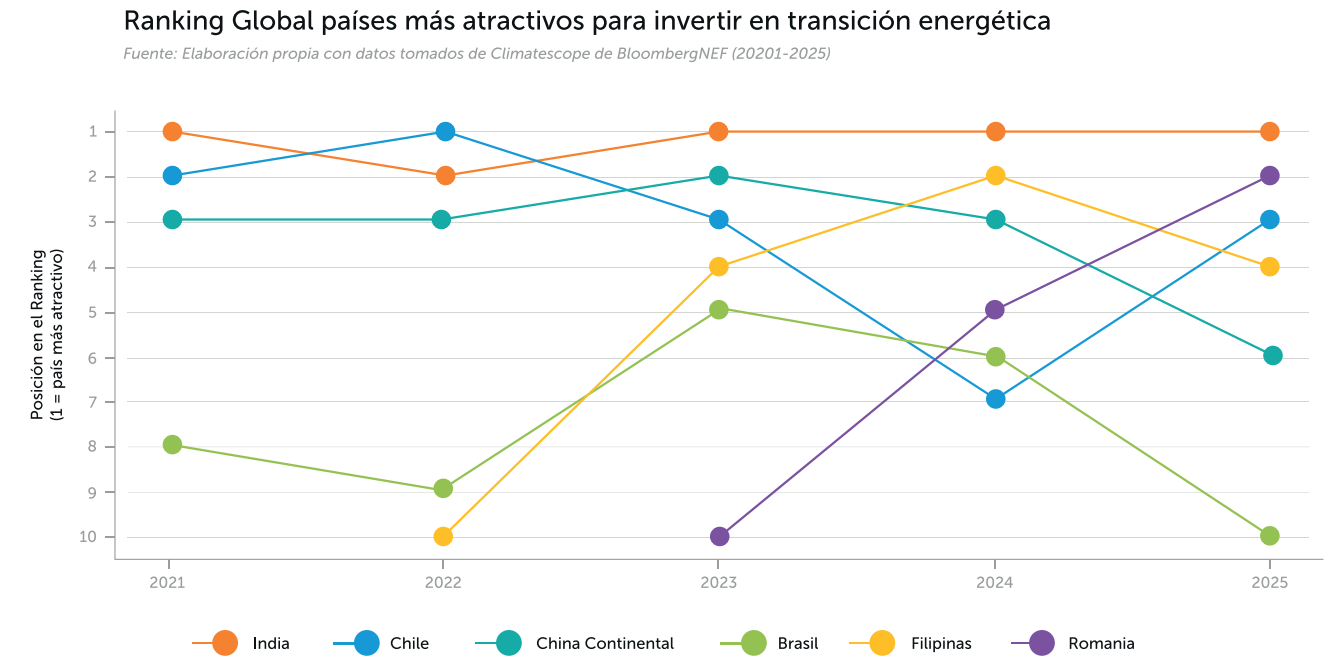
Fuente: Centro de Movilidad Sostenible (www. (https://cmsostenible.org/))

25.0%

Este liderazgo es también ratificado en el contexto de los avances desde el sector de la matriz energética del país, por el reporte Global Climatescope de BloombergNEF, que en su edición 2025 posiciona a Chile como el 1º país de América Latina y el 3º entre los mercados emergentes más atractivos para invertir en transición energética, destacando especialmente la solidez de sus fundamentos regulatorios.

El siguiente gráfico compara el posicionamiento de distintos países en el índice global de atractivo durante el período 2021–2025. Chile mantiene un desempeño entre el top 10 desde el año 2021, situándose de manera recurrente dentro de los tres mejores países, reflejando su madurez institucional y proyección regional.

Gráfico 5: Ranking global países más atractivos para invertir en transición energética



Fuente: Elaboración propia con datos tomados de: Climatescope de BloombergNEF (2021-2025)

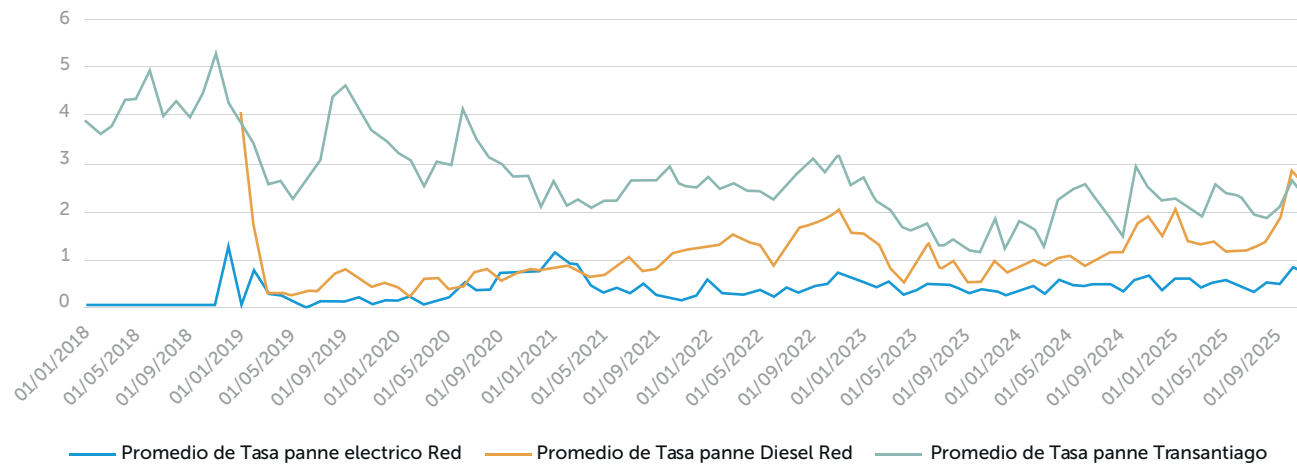
### 3. Confiabilidad y mantenimiento

#### a) Confiabilidad de la flota y desempeño operacional

La confiabilidad de la flota es un indicador clave para evaluar la calidad y continuidad del servicio de transporte público. En el Sistema RED Movilidad, este indicador se construye a partir del número de buses que presentan fallas mecánicas (pannes) y activan los protocolos de contingencia del Centro de Monitoreo de Buses (CMB).

Su seguimiento permite contar con una visión objetiva del estado mecánico de la flota y de su desempeño operacional. Para facilitar las comparaciones, el indicador se normaliza como tasa de panne por cada 100.000 kilómetros recorridos. En las siguientes gráficas se puede contrastar la tasa según estándar y tipo de propulsión.

Gráfico 6: Tasa de fallas mecánicas (pannes) cada 100.000 kilómetros recorridos por estándar y tipo de propulsión (2018-2025)



Fuente: Elaboración propia con datos DTPM (2025)

El análisis por tipo de tecnología evidencia diferencias consistentes en la tasa de pannes cada 100.000 kilómetros de buses eléctricos (BEV) y buses diésel. Durante 2025, los BEV registraron una tasa aproximada de 0,5 significativamente inferior a la observada en los buses diésel, lo que evidencia un mejor comportamiento mecánico y mayor estabilidad en la operación. Esta brecha se explica, en parte, por la arquitectura más simple de los buses eléctricos y por esquemas de mantenimiento más estandarizados y preventivos.

En contraste, mientras la flota diésel de estándar antiguo (Transantiago) presenta una mayor incidencia relativa a la tasa de falla promedio de 2025 (2,2) asociada al envejecimiento y al desgaste acumulado de sus componentes y, los buses diésel estándar RED alcanzan una tasa de (1,6); los buses eléctricos muestran niveles de confiabilidad más altos y estables, incluso en un contexto de mayor intensidad operativa. En términos agregados, esta menor tasa de pannes se traduce en una mayor disponibilidad efectiva de flota, menos interrupciones del servicio, menos costos para los operadores y una mejora directa en la regularidad percibida por las personas usuarias.

#### b) Mantenimiento y monitoreo inteligente

Desde la perspectiva del mantenimiento, la electromovilidad ha impulsado una evolución en los modelos de gestión técnica del sistema, desde las obligaciones contractuales de certificación del mantenimiento por una entidad distinta al operador, los controles por parte de DTPM, el concepto de expedición no valida por pérdida de certificación, garantizando así que los vehículos prolonguen su vida útil. Por otra parte, además los operadores han fortalecido capacidades especializadas, incorporado nuevas rutinas de diagnóstico y avanzado hacia esquemas de mantenimiento más predictivos, lo que ha permitido reducir fallas, optimizar tiempos de detención, disminuir costos y mejorar la seguridad operacional.

Este proceso ha sido complementado por la incorporación de herramientas de monitoreo inteligente y telemetría, que permiten transformar datos operacionales en información clave para la toma de decisiones. En este contexto, durante 2025, el DTPM realizó un estudio que implementó un sistema de telemetría aplicado al transporte público RED con el objetivo de medir, transmitir, analizar y convertir datos en indicadores y alertas, fortaleciendo la fiscalización, la seguridad vial y la gestión del

mantenimiento, y sentando las bases para un futuro centro ministerial de monitoreo de flota.

El estudio consideró una muestra de 188 buses diésel Euro VI y 166 buses eléctricos de distintas marcas, monitoreados durante un periodo de siete meses, basándose en la recolección masiva de datos a través de GPS, concentradores y sensores especializados, diferenciando variables según tipo de tecnología. En los buses diésel, el seguimiento se concentró en consumo de combustible, estado del motor, presiones, temperaturas y sistemas críticos como frenos y suspensión. En los buses eléctricos, en tanto, se monitorearon variables como estado de carga (SOC), salud de batería (SOH), ciclos de carga, regeneración de energía, climatización y consumo energético, permitiendo una caracterización más precisa del comportamiento operativo de la flota.

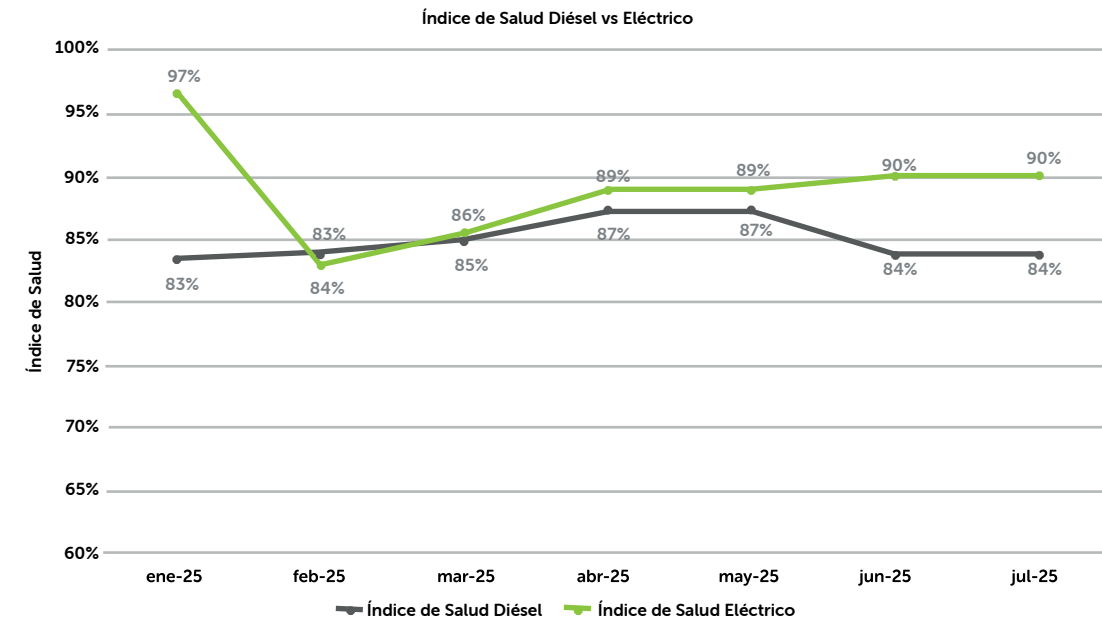
Los resultados muestran que el desempeño de ambas tecnologías está fuertemente influido por factores climáticos y operativos. En la flota diésel, el mejor rendimiento se observó en meses de menor congestión, mientras que en invierno se registraron mayores consumos asociados al uso prolongado del ralentí para calefacción. En la flota eléctrica, el mayor consumo se concentró en verano debido al uso intensivo de aire acondicionado, mientras que los mejores niveles de eficiencia se alcanzaron en meses de menor demanda y congestión, con consumos del orden de 1,38–1,4 kWh/km. En invierno, el consumo vuelve a incrementarse por la energía requerida para la calefacción de los habitáculos en buses que cuentan con

este sistema.

Adicionalmente, se desarrolló un Índice de Salud de la Flota, con una escala de 0 a 100, que permite evaluar de manera integrada el estado técnico de los vehículos. En el caso de los buses eléctricos, el índice considera un componente de riesgo (70%), regeneración (15%) y rendimiento (15%), mientras que en los buses diésel se estructura en riesgo (70%) y rendimiento (30%). Los resultados evidencian un mejor desempeño de la flota eléctrica, que alcanzó un índice promedio de 89,0, clasificado como estado "bueno", junto con una tasa de regeneración destacable del 38,4%. En contraste, los buses diésel presentaron mayores incidencias críticas, particularmente asociadas a presión de aceite y niveles de AdBlue, afectando su confiabilidad operacional.

El estudio entrega una serie de tableros de control que abarcan desde la salud del mantenimiento diésel y eléctrico hasta la disponibilidad de flota y mapas de calor de seguridad, permitiendo así sentar las bases para definir alertas conjuntas y estándares de cumplimiento técnico para la flota de RED Movilidad.

Gráfico 7: Propuesta de Índice de Salud de la flota por tipo de tecnología.



Fuente: Elaboración propia a partir de datos del Estudio "Asesoría para Desarrollar Plan Piloto para el Control y Mantenimiento de Flota mediante Telemetría DTPM (2025)

En conjunto, los resultados confirman que la electrificación del Sistema RED Movilidad no solo aporta beneficios ambientales, sino que eleva el estándar de mantenimiento y gestión técnica del transporte público, consolidando una flota más confiable que aporta a la experiencia de viaje de las personas usuarias.

### a) El Bus Inteligente en RED Movilidad

La modernización del Sistema RED Movilidad ha ido más allá de la incorporación de buses eléctricos. En los últimos años, la flota ha evolucionado hacia un estándar de "Bus Inteligente", entendido como una plataforma tecnológica integrada capaz de generar, procesar y transmitir información en tiempo real, con el propósito de mejorar la operación, fortalecer la seguridad y elevar la experiencia de viaje de las personas usuarias.

Este avance ha sido impulsado a través de los procesos de licitación de uso de vías, que han incorporado exigencias tecnológicas crecientes para la flota. Dichas exigencias integran sistemas que apoyan al personal de conducción, permiten una gestión operacional más eficiente y entregan información clara y oportuna a las y los pasajeros, consolidando un transporte público más inclusivo, confiable y centrado en las personas.

#### (1) Arquitectura tecnológica embarcada

La flota de buses cuenta con una arquitectura tecnológica avanzada compuesta por múltiples sistemas embarcados que operan de manera interconectada. Esta infraestructura digital permite monitorear la operación en tiempo real, anticipar fallas, mejorar la seguridad vial y responder con mayor rapidez ante incidentes operacionales y de seguridad.

Entre sus componentes centrales se encuentran los **sistemas de telemetría CAN Bus**, que recopilan información crítica del vehículo, como consumo energético, sensores de temperatura, niveles, apertura de puertas, frenadas y desempeño general, y la transmiten a los centros de control. Esta información resulta clave para optimizar el mantenimiento, maximizar la disponibilidad de la flota y asegurar un servicio más confiable.

A ello se suma el **streaming de cámaras CCTV** presente en los buses más nuevos, que permite un monitoreo continuo de la operación. Este sistema se complementa con el botón de pánico, que facilita una respuesta coordinada con los centros de control y, cuando corresponde, con las policías, reforzando la seguridad del personal de conducción y de las personas usuarias.

#### (2) Seguridad activa y apoyo a la conducción

La tecnología cumple también un rol central en la prevención de accidentes y en la protección de los distintos actores de la vía. En este ámbito destacan los sistemas avanzados de **asistencia a la conducción** (ADAS, por sus siglas en inglés), que alertan al personal sobre la presencia de peatones, ciclistas u obstáculos cercanos al bus. A fines de 2025, más de 2.500 buses del sistema disponen estos sensores y cerca de la mitad transmite alertas en

tiempo real, fortaleciendo la seguridad activa de la operación.

De forma complementaria, se han incorporado sistemas de detección de fatiga y distracción, que utilizan cámaras e inteligencia artificial para identificar signos de cansancio o pérdida de atención. Estas alertas preventivas permiten reducir riesgos, cuidar la salud del personal y aumentar la seguridad de los viajes.

Otro avance relevante es el **Sistema de Zonas Seguras**, exigido en el último proceso de licitación, que permite limitar automáticamente la velocidad máxima del bus en áreas sensibles como entornos escolares o zonas peatonales, previamente definidas, mejorando la convivencia urbana y reduciendo riesgos.

#### (3) Información y conectividad para las personas usuarias

Desde la perspectiva de la experiencia de viaje, el Bus Inteligente transforma el interior del bus en un espacio informativo y conectado. Las **pantallas interiores de información variable** permiten entregar en tiempo real datos sobre el recorrido, próximas paradas, combinaciones disponibles y mensajes del sistema, reduciendo la incertidumbre y facilitando la orientación durante el viaje.

La flota incorpora además conectividad a **Wi-Fi gratuita y cargadores USB**, con un estándar de un puerto por cada dos asientos, incluyendo conectores tipo C en los buses más recientes. Estas prestaciones responden a los hábitos digitales de la población y contribuyen a una experiencia de viaje más cómoda, especialmente en trayectos de mayor duración.

#### (4) Tecnologías emergentes y proyección futura

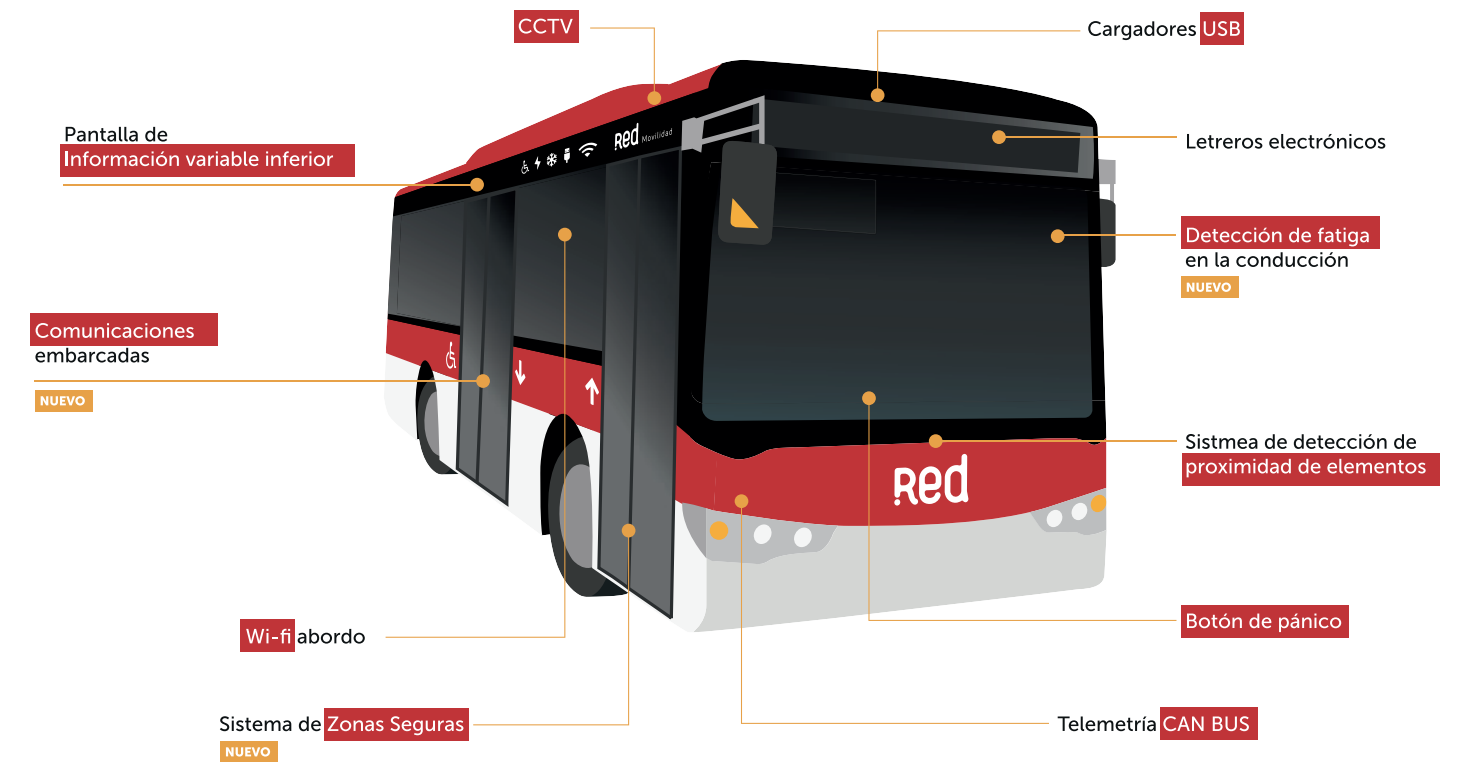
El desarrollo del Bus Inteligente sienta las bases para la incorporación progresiva de tecnologías emergentes en la gestión del transporte público. La integración de **inteligencia artificial, Internet de las Cosas (IoT) y Big Data** permitirá avanzar hacia una operación cada vez más predictiva, capaz de anticipar demanda, prevenir fallas y optimizar la red en su conjunto.

Asimismo, tecnologías como la realidad aumentada abren oportunidades para mejorar la capacitación del personal y el mantenimiento, mientras que soluciones basadas en biometría refuerzan la seguridad y la trazabilidad de eventos operacionales.

En conjunto, estos avances posicionan a RED Movilidad como un referente regional en innovación tecnológica aplicada al transporte público, consolidando un sistema

más seguro, inclusivo y conectado con las necesidades cotidianas de las personas.

Ilustración 2: Arquitectura tecnológica embarcada buses Sistema RED Movilidad



### b) Mejoras en el confort interior

La modernización del Sistema RED Movilidad también se expresa en una mejora sustantiva del confort interior de los buses, entendida como un conjunto de condiciones físicas, ergonómicas y ambientales que inciden directamente en la comodidad del viaje y en la percepción de calidad del servicio por parte de las personas usuarias.

Este avance no es solo resultado de la incorporación de buses eléctricos, sino también de un proceso progresivo de actualización normativa y de diseño, que ha permitido adaptar el estándar de los vehículos a las características y necesidades reales de la población. En este marco, las modificaciones introducidas al Decreto Supremo N°122, particularmente en sus actualizaciones de 2012 y 2017, sentaron las bases para una mejora estructural del confort a bordo, corrigiendo deficiencias históricas asociadas a la ergonomía, distribución interior y condiciones de viaje.

#### (1) Confort físico y condiciones ambientales

Los buses de estándar RED incorporan asientos rediseñados con criterios ergonómicos, mejorando su inclinación, altura y disposición, lo que reduce la fatiga en trayectos prolongados. A ello se suma una distribución más eficiente de pasamanos y asideros, ajustada a la morfología de la población nacional, que facilita el desplazamiento interior y mejora la estabilidad durante el viaje.

Los buses eléctricos han permitido, además, una reducción significativa del ruido y las vibraciones, generando un ambiente interior más silencioso y estable. Este atributo, junto con la incorporación progresiva de sistemas de aire acondicionado, ha mejorado de manera sustantiva las condiciones térmicas al interior de los buses, elevando el confort tanto en periodos de altas temperaturas como en condiciones climáticas adversas.

Estas mejoras han sido particularmente valoradas por mujeres, personas mayores y usuarias y usuarios frecuentes, quienes históricamente identificaban el ruido, la incomodidad de los asientos y la inestabilidad interior como factores negativos del transporte público.

### (2) Diseño interior y experiencia de viaje

El diseño interior de los buses también ha evolucionado hacia un estándar más moderno y funcional. La incorporación de cabinas segregadas para el personal de conducción, además de mejorar su seguridad, contribuye a un entorno interior más ordenado y confortable para las personas usuarias. Asimismo, una iluminación interior más homogénea y materiales de mejor calidad refuerzan la percepción de un espacio cuidado, limpio y moderno. En conjunto, estas mejoras reducen la brecha histórica entre el transporte público y el automóvil particular en términos de comodidad, reforzando la idea de que es posible realizar viajes cotidianos en un entorno confortable, incluso en desplazamientos largos o en condiciones de alta demanda.

### (3) Accesibilidad universal como parte del confort

El confort interior del Sistema RED Movilidad se encuentra estrechamente vinculado a los avances en accesibilidad universal, entendida no solo como un requisito funcional, sino como un componente central de una experiencia de viaje digna e inclusiva.

Desde sus inicios, el sistema ha establecido exigencias para garantizar buses de piso bajo, rampas de acceso,

espacios reservados para sillas de ruedas, asientos preferentes claramente señalizados, pasamanos ergonómicos y timbres diferenciados. Estas medidas facilitan el acceso y desplazamiento al interior del bus, reduciendo barreras físicas y mejorando la autonomía de personas con movilidad reducida, personas mayores, usuarias y usuarios de coches de niños y personas con movilidad reducida.

Gracias a este proceso sostenido, la proporción de buses con piso bajo y equipamiento inclusivo aumentó desde un 79% en 2013 a un 99% en 2025, consolidando un estándar de accesibilidad que hoy es parte integral del confort del sistema. El porcentaje restante corresponde a buses de menor tamaño, que serán reemplazados progresivamente por unidades eléctricas que cumplen con este estándar.

### (4) Un viaje más cómodo que invita a elegir el transporte público

Las mejoras en confort interior, junto con los avances tecnológicos y ambientales ya descritos, configuran una experiencia de viaje más agradable, silenciosa y accesible. Este nuevo estándar contribuye a reducir el estrés asociado a los desplazamientos diarios y refuerza el atractivo del transporte público como una alternativa real frente al uso del automóvil.

De este modo, RED Movilidad no solo avanza en descarbonizar el transporte, sino también en hacer del viaje una experiencia más cómoda y humana, fortaleciendo su rol como eje central de una movilidad urbana moderna, inclusiva y sostenible.

Tabla 2: Componentes del estándar Bus Inteligente en RED Movilidad (2025)

Componente tecnológico	Alcance en la flota
Buses eléctricos en operación	3.849 unidades
Buses con aire acondicionado	5.957
Buses con sensores de asistencia a la conducción (ADAS)	2.589
Buses con cámaras	6.024
Total cámaras	Mas de 36.000
Buses con transmisión CCTV en tiempo real	3.406
Buses con botón de pánico integrado	1.318
Buses con telemetría CAN Bus	
Buses con Wi-Fi y cargadores USB	5.957
Buses Piso Bajo	99%

## B. Infraestructura para la electromovilidad: resiliencia, gestión energética y transformación urbana

La expansión de la electromovilidad en el Sistema RED Movilidad ha requerido desarrollar una infraestructura robusta, capaz de sostener la operación continua de una flota creciente de buses eléctricos y responder a las exigencias de un servicio público esencial. En este contexto, los electroterminales se han consolidado como una pieza estratégica del sistema: no solo en términos operacionales, sino también energéticos, urbanos y sociales.

A diferencia del modelo diésel, la operación eléctrica depende directamente de la disponibilidad y calidad del suministro energético, lo que transforma a los electroterminales en nodos críticos del ecosistema del transporte público. Su diseño, localización, capacidad de respaldo y articulación con el sistema eléctrico son hoy factores determinantes para la resiliencia y confiabilidad del servicio, donde la coordinación público – privada resulta esencial.

### ➔ 1. Electroterminales: columna vertebral del sistema eléctrico de buses

Los electroterminales, denominados Centros de Carga de Transporte Público (CCTP) conforme a la RIC N°15<sup>21</sup> de la Superintendencia de Electricidad y Combustibles (SEC), constituyen la infraestructura crítica que sostiene la operación de buses eléctricos del Sistema RED Movilidad. En estos recintos se concentran funciones esenciales como la carga de baterías, la planificación y control operacional, el mantenimiento de la flota, la coordinación del personal y actividades logísticas complementarias. Esta multifuncionalidad los convierte en nodos estratégicos, estrechamente vinculados a la estabilidad y capacidad de la red de distribución eléctrica urbana.

En este contexto, la expansión de la electromovilidad ha requerido una coordinación estrecha y liderada desde el DTPM con los demás actores del sector energético, tanto público como privado, lo que ha consolidado un esquema de coordinación interinstitucional permanente que ha permitido anticipar requerimientos de energía, planificar refuerzos de red, monitorear obras y reducir tiempos asociados a conexión y puesta en operación de nuevos electroterminales, fortaleciendo la confiabilidad a medida que crece la flota eléctrica.

En este esquema destacan, las empresas que actualmente proveen energía y soluciones de carga, como Copec Voltex y Enel X, responsables del diseño e implementación de la infraestructura de carga en los electroterminales. Asimismo, las empresas distribuidoras Enel Distribución, Empresa Eléctrica de Puente Alto (EEPA) y Compañía General de Electricidad (CGE) cumplen un rol clave al asegurar capacidad y continuidad del suministro en los territorios donde se emplazan los terminales. Esta articulación, junto con organismos públicos como la Comisión Nacional de Energía (CNE), la Superintendencia de Electricidad y Combustibles (SEC), el Coordinador Eléctrico Nacional y el Servicio de Evaluación Ambiental (SEA), ha sido fundamental para viabilizar el despliegue acelerado de la flota eléctrica y resguardar la resiliencia operativa del sistema.

Desde el punto de vista temporal, la transición hacia la electromovilidad comenzó en 2017 con la incorporación de dos buses eléctricos a modo piloto. A partir de 2019, con la llegada de los primeros lotes de buses eléctricos, se habilitaron los primeros 5 electroterminales, iniciando un proceso sostenido de expansión de infraestructura de carga. En 2020 se sumaron cinco nuevas instalaciones; en 2022 se sumaron otras 2 y, luego en 2023, la red aumentó considerablemente sumando 14 electroterminales. En 2024 se incorporaron dos adicionales; y en 2025 se alcanzó el mayor salto observado hasta la fecha con 17 nuevas instalaciones.

Con este resultado, al cierre de 2025, el Sistema RED Movilidad cuenta con 73 terminales, de los cuales 45 corresponden a electroterminales (61% del total), distribuidos en 15 comunas del Gran Santiago. Solo en los últimos cuatro años se desarrollaron 35 electroterminales, lo que representa un aumento acumulado de 350% respecto del 2021, configurando una de las expansiones de infraestructura energética más relevantes del transporte público en América Latina. Este despliegue ha permitido ampliar la electrificación de terminales de manera progresiva y territorialmente diversificada en comunas como La Pintana, Quilicura, Renca, Lo Prado, Cerro Navia, San Bernardo, Estación Central, Cerrillos y La Florida.

Tabla 3: Infraestructura de carga y flota eléctrica por comuna, 2025

Ingreso	Terminal	Comuna	Flota Eléctrica	Potencia [kW]
01-03-2019	BCG-E	Maipú	108	5843
01-03-2019	Juanita	Puente Alto	101	5225
01-10-2019	Los Acacios	Maipú	104	2960
01-10-2019	Los Espinos	Peñalolén	155	6550
01-11-2019	Los Nogales	Maipú	145	1920
01-01-2020	El Salto	Huechuraba	106	2676
01-06-2020	Las Palmas	Pudahuel	100	3600
01-07-2020	Los Lingües	Pudahuel	116	2400
01-08-2020	Los Abedules	Las Condes	51	1864
01-10-2020	El Conquistador	Maipú	204	8800
01-11-2022	Santa Rosa	La Pintana	60	3082
01-12-2022	Recoleta	Huechuraba	107	2108
01-01-2023	Colo Colo	Quilicura	65	2460
01-01-2023	Lo Echevers	Quilicura	88	3842
01-01-2023	Condell	Renca	80	2772
01-02-2023	Las Torres	Peñalolén	58	2435
01-02-2023	Santa Clara	Huechuraba	30	1134
01-03-2023	Pie Andino	Puente Alto	98	3539
01-03-2023	Camilo Henríquez	Puente Alto	48	2107
01-03-2023	Diagonal Las Torres (A. Casanova)	Peñalolén	195	7523
01-03-2023	La Primavera	Puente Alto	78	2570
01-03-2023	Los Tilos	Puente Alto	60	2312
01-06-2023	Santa Marta	Huechuraba	60	2464
01-10-2023	Las Araucarias (Pajaritos)	Lo Prado	32	690
01-10-2023	Las Parras	Cerro Navia	87	3600
01-11-2023	Los Pinos	Maipú	58	1760
01-03-2024	La Vara	San Bernardo	107	4500
01-05-2024	OGM	San Bernardo	107	3930
01-02-2025	Lo Marcoleta	Quilicura	200	1907
26-07-2025	San José	San Bernardo	29	511
26-07-2025	Los Libertadores	Huechuraba	18	511
02-08-2025	Gabriela	Puente Alto	122	2671
16-08-2025	Patio Pie Andino	Puente Alto	93	2693
16-08-2025	San Alfonso	Estación Central	83	1534
30-08-2025	Los Almendros (Enea)	Pudahuel	73	2340
30-08-2025	Los Rosales (La Estrella)	Cerro Navia	80	1920
30-08-2025	Los Aromos (Río Claro)	Peñalolén	12	450
30-08-2025	Cerrillos	Cerrillos	32	1089
06-09-2025	Los Sauces	Pudahuel	77	1802
18-10-2025	Diego Portales	La Florida	95	2590
25-10-2025	Lo Blanco 1	La Pintana	50	2113
22-11-2025	Ducaud	San Bernardo	96	1931
25-10-2025	Las Perdices	La Florida	30	2035
06-12-2025	Lo Blanco 2	La Pintana	76	2949
30-12-2025	René Olivares/El Bosque	Maipú	75	2683

TOTAL 3.849 124.841

En este crecimiento se observa la consolidación de nodos de electro-movilidad en comunas estratégicas, donde se concentran grandes volúmenes de flota y mayor potencia instalada. Maipú se posiciona como el principal nodo del sistema, con la consolidación de 6 electroterminales a 2025. Asimismo, se destaca la realización de los primeros terminales eléctricos de la comuna de La Florida, Cerrillos y Estación Central durante 2025.

En particular, 2025 marca un cambio de escala en la estrategia de implementación. A diferencia de periodos anteriores, caracterizados por incorporaciones graduales, se produjo un despliegue simultáneo con la construcción de 17 electroterminales en múltiples comunas consolidando la electromovilidad como un componente estructural del sistema y sentando bases técnicas y territoriales para su expansión futura hacia otras regiones del país.

Además, con la llegada de aproximadamente 600 buses nuevos, se proyecta que a marzo de 2026 se sumen 10 nuevos electroterminales para llegar a un total de 55.

Ilustración 3: Evolución histórica de electroterminales en el Sistema RED Movilidad, 2021-2026

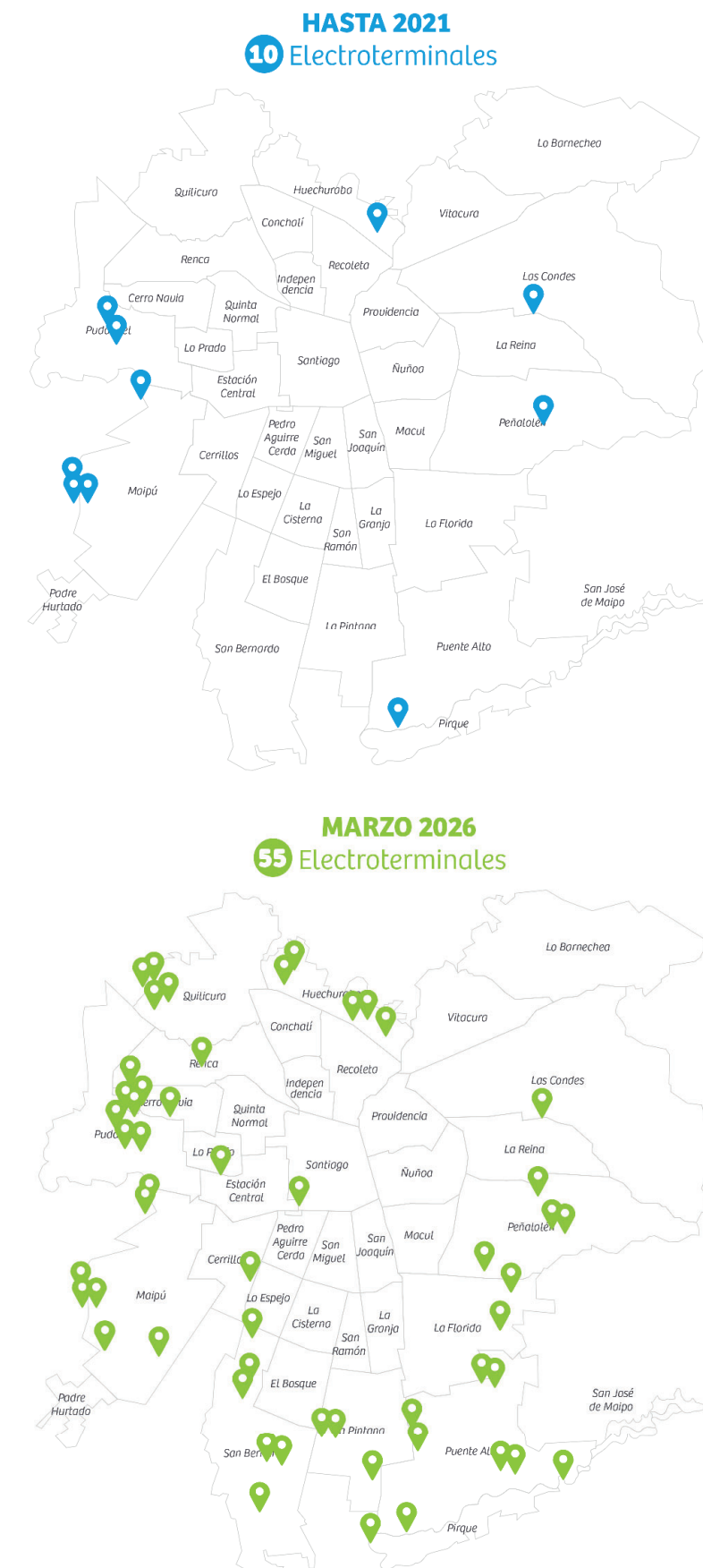
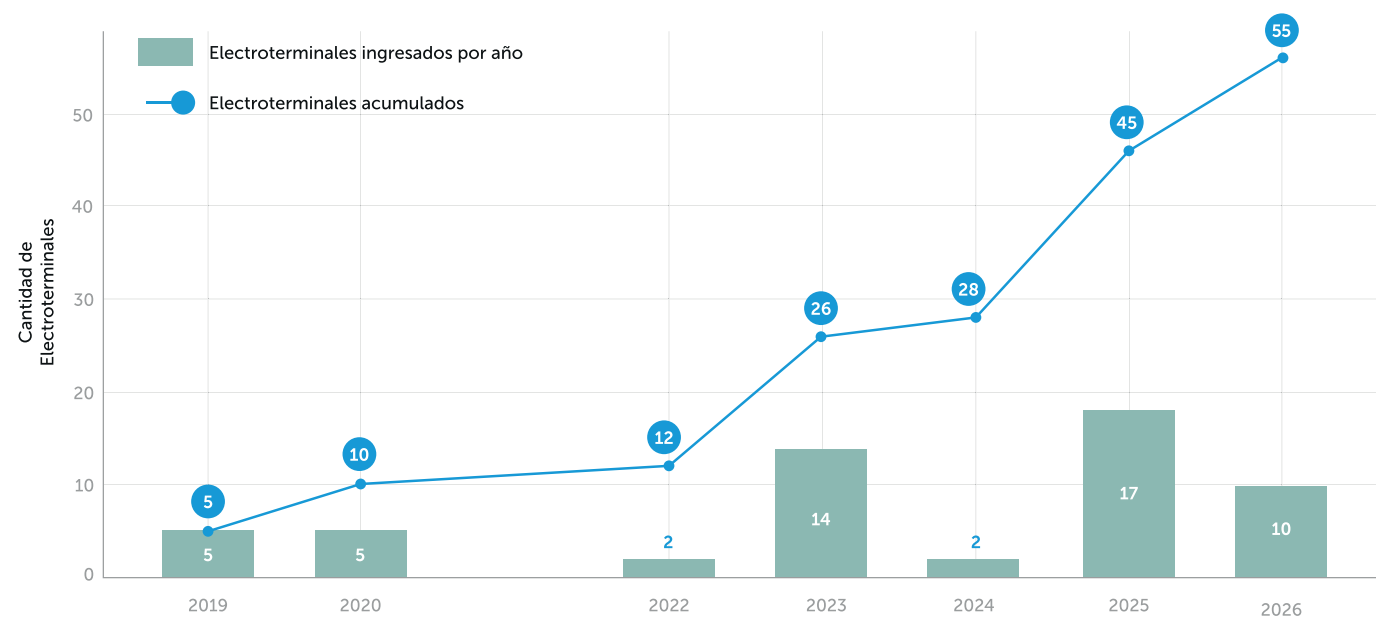
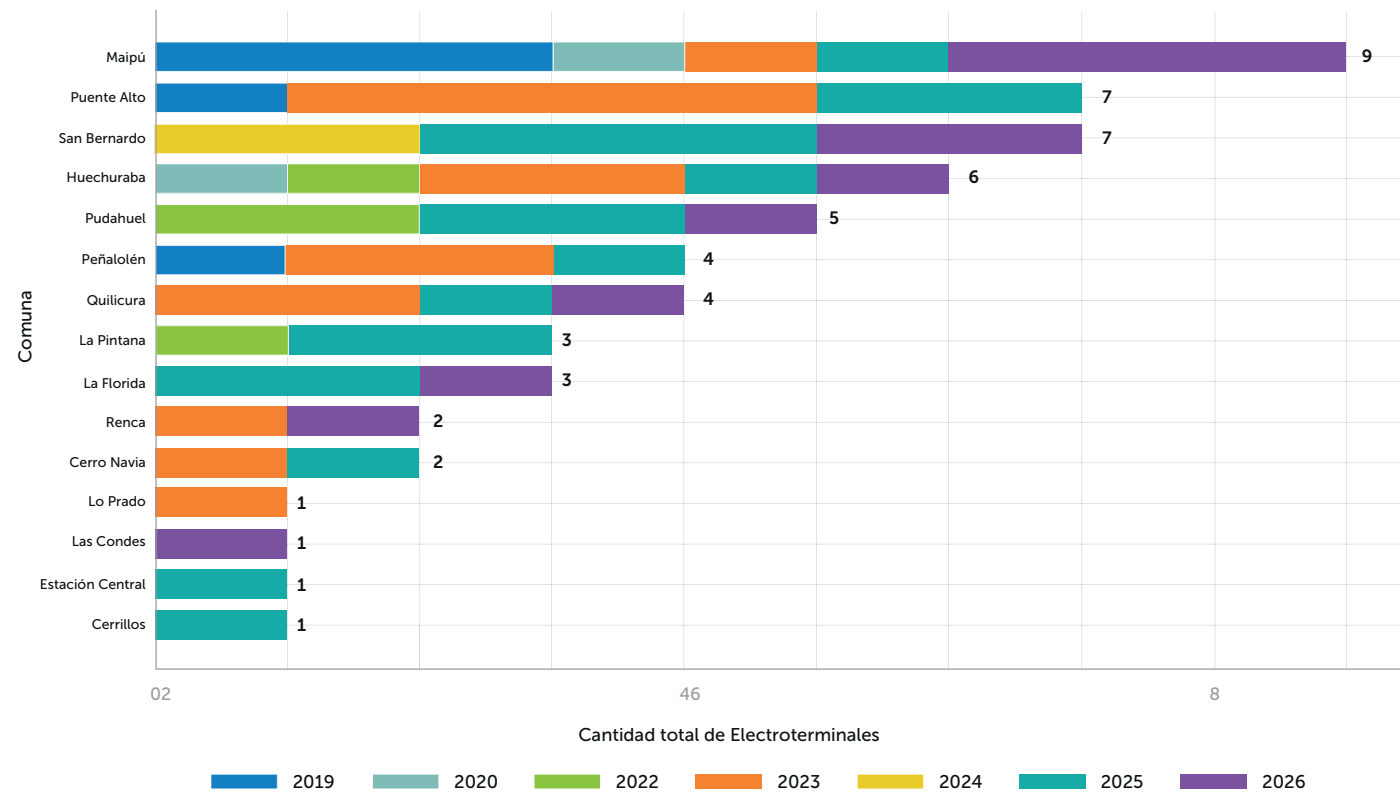


Gráfico 8: Evolución histórica de electroterminales en el Sistema RED Movilidad, 2017-2025



Fuente: Elaboración propia con datos del DTPM (2025)

Gráfico 9: Electroterminales del Sistema RED Movilidad por comuna y año de incorporación



Fuente: Elaboración propia con datos del DTPM (2025)

## 2. Infraestructura de carga y estandarización

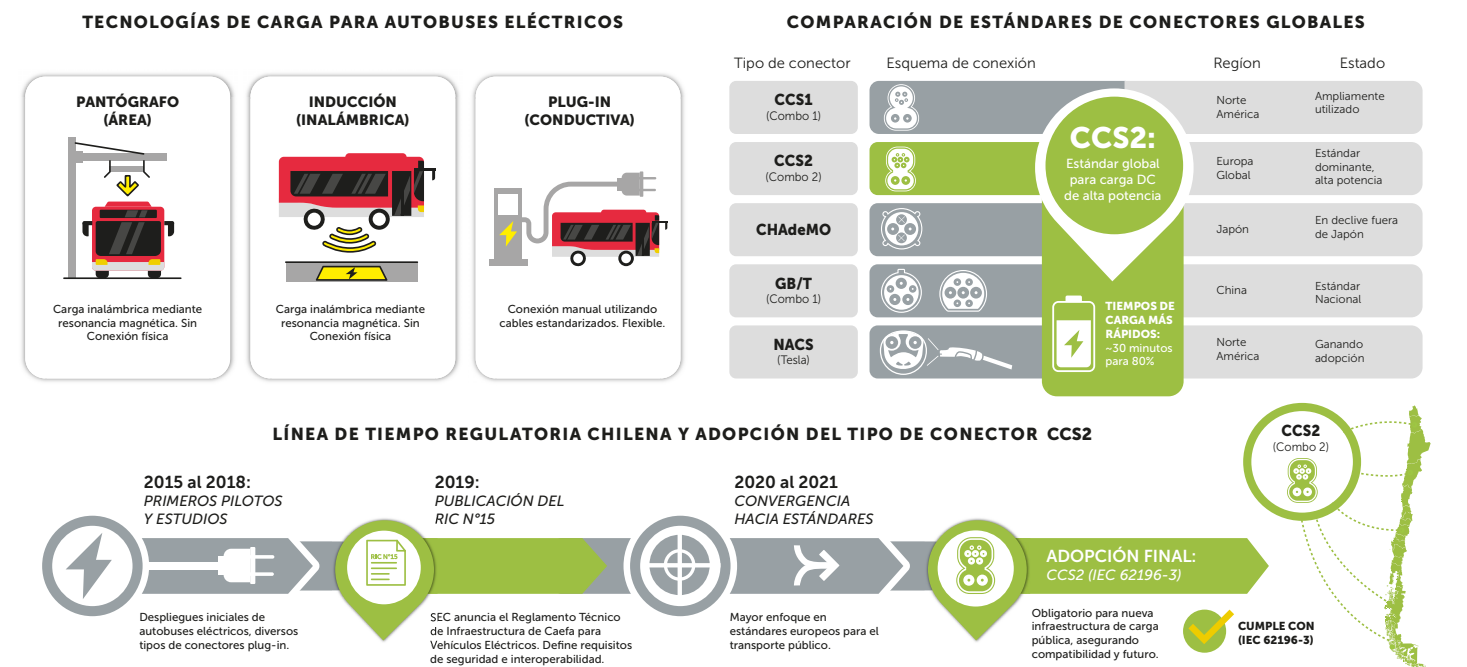
El desarrollo de la infraestructura de carga para buses eléctricos ha estado acompañado por un proceso deliberado de estandarización tecnológica. En Chile, la tecnología plug-in se ha consolidado como la solución predominante para la recarga de flotas debido a su simplicidad operativa, flexibilidad y amplia disponibilidad en el mercado.

Tras un periodo inicial caracterizado por la coexistencia de múltiples estándares internacionales de carga (CCS1, CHAdeMO, GB/T, entre otros), en 2019 SEC publicó el Pliego Técnico Normativo RIC N°15, estableciendo un marco regulatorio pionero en la región para la infraestructura de carga. Dicho pliego no define un estándar único de conector, sino que exige el cumplimiento de un conjunto de normas internacionales IEC —entre ellas IEC 62196-1, IEC 62196-2, IEC 62196-3 e IEC 62893-3— orientadas a garantizar condiciones de seguridad eléctrica, interoperabilidad, desempeño y compatibilidad técnica de los sistemas de carga.

En este contexto normativo, la consolidación del conector CCS-2 como estándar operativo para el sistema de transporte público metropolitano no responde a la imposición de un estándar específico por parte de la normativa técnica de la SEC, sino a un proceso de convergencia tecnológica e industrial alineado con el marco de normas IEC exigido por el RIC N°15 y con su masificación a nivel internacional. Esta convergencia se refleja en la infraestructura de carga instalada en el sistema, que totaliza más de 1800 conectores de los cuales cerca del 60% corresponde a tecnología CSS2, el porcentaje restante se compone de cargadores con estándar GB/T, CCS1 y Menneke tipo 2, asociados mayoritariamente a las primeras etapas de implementación. Las bases de licitación 2019 del DTPM, recogieron esta convergencia y la incorporaron como requisito técnico, permitiendo su adopción plenamente asumida por fabricantes y operadores, continuando con este requerimiento en los posteriores procesos de licitación.

A nivel nacional, según información de la SEC<sup>2</sup>, existen cerca de 6.255 cargadores a diciembre de 2025, reflejando el avance del país en infraestructura para la electromovilidad y la consolidación de un ecosistema energético capaz de acompañar la electrificación del transporte urbano.

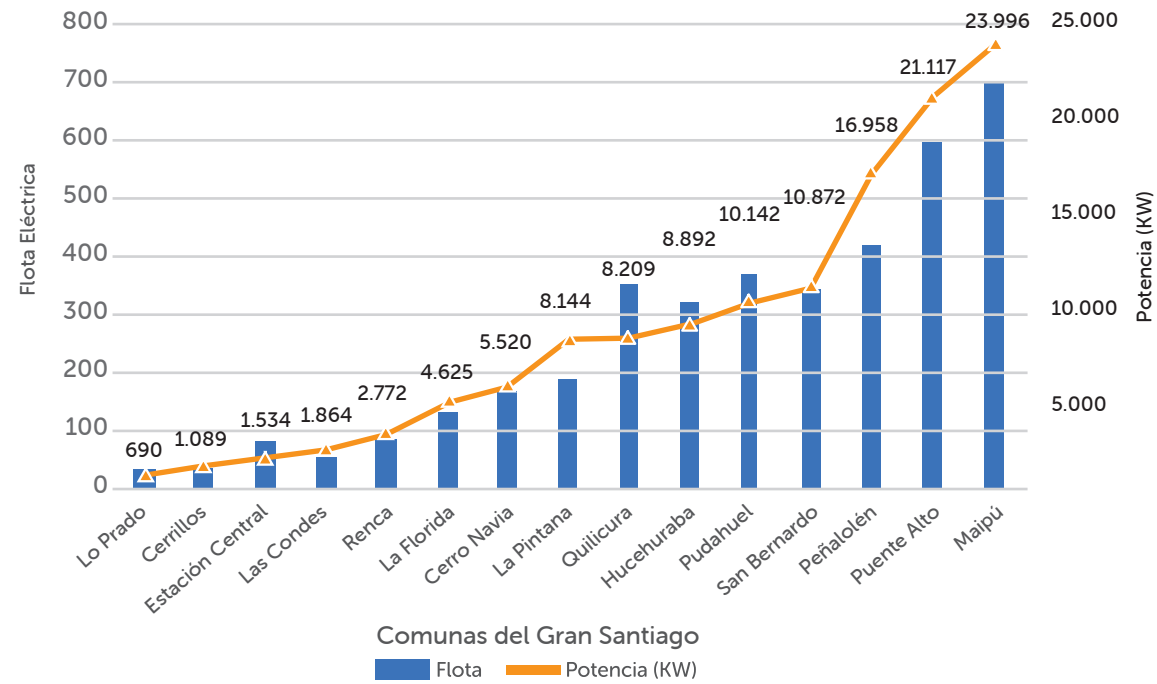
Ilustración 4: Evolución de la carga de autobuses eléctricos y la adopción de CCS2 en Chile



El análisis territorial de la relación entre flota eléctrica y la potencia instalada por comuna muestra una correspondencia directa entre el tamaño de la flota y la potencia instalada, reflejo de una planificación progresiva alineada con las necesidades del sistema. Peñalolén, Puente Alto, Pudahuel y Maipú concentran mayores volúmenes de flota eléctrica y capacidad de carga;

en comunas con flotas intermedias, la infraestructura acompaña de manera consistente el crecimiento de la operación; y en aquellas de menor escala se mantiene una dotación acorde a criterios de eficiencia territorial.

Gráfico 10: Relación entre flota eléctrica y potencia instalada por comuna



Fuente: Elaboración propia con datos DTPM (2025)

### 3. RED de carga inteligente: gestión energética al servicio de la operación

La operación diaria de una flota eléctrica a gran escala exige mucho más que infraestructura física de carga. Requiere sistemas avanzados de gestión de flota y carga inteligente, capaces de equilibrar el consumo energético, resguardar el estado de las baterías y asegurar el cumplimiento de los niveles de servicio exigidos por los recorridos del Sistema RED Movilidad.

En la práctica, los operadores de transportes gestionan un ciclo continuo de planificación y control, que comienza con la programación de los servicios diarios y la asignación de buses según autonomía disponible, tipo de recorrido, pendientes, extensión y demanda esperada. A partir de esta planificación operacional, los sistemas de gestión de flota determinan las ventanas óptimas de carga para cada vehículo, en términos de tiempos y tarifas eléctricas convenidas, potencia disponible, priorizando aquellos buses que deberán iniciar operación en horarios punta o recorrer mayores distancias.

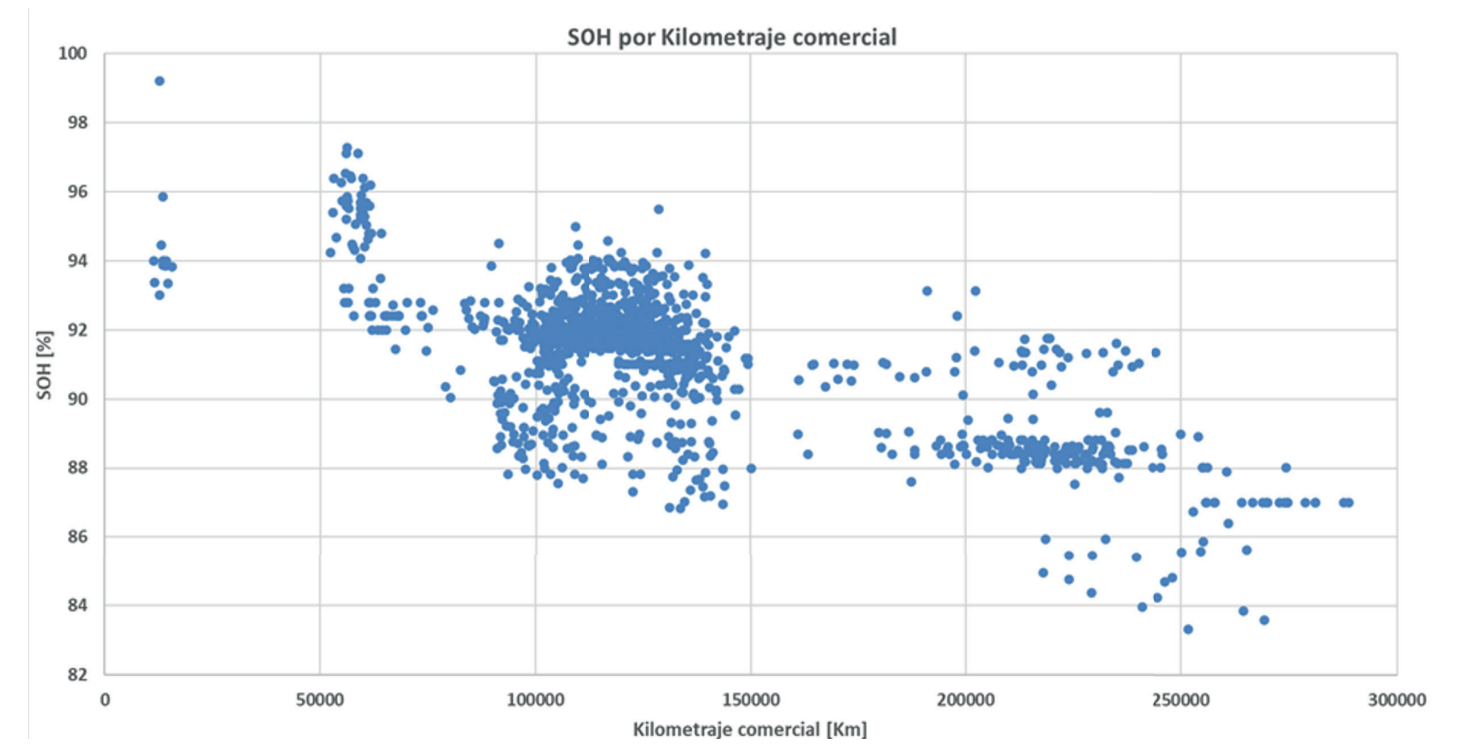
Durante los periodos de carga, los sistemas de gestión energética inteligente permiten modular la potencia entregada a cada bus, evitando sobrecargas en la red interna del electroterminal y optimizando el uso de la capacidad eléctrica disponible. Este proceso considera variables como el estado de carga de la batería, su temperatura, el historial de ciclos de carga y descarga, y la programación futura del vehículo. La carga deja de ser una acción aislada y se transforma en un proceso dinámico, integrado a la planificación y operación diaria del sistema.

Una vez finalizada la carga, la información generada como los niveles de carga, tiempos, potencia utilizada y comportamiento de la batería se retroalimenta en los sistemas de gestión, permitiendo ajustar la planificación futura y anticipar eventuales necesidades de mantenimiento. Este circuito continuo de planificación-carga-operación-monitoreo constituye el núcleo de la red de carga inteligente que sostiene la electromovilidad del sistema.

Este enfoque ha sido analizado en profundidad en el Estudio de Gestión de Carga de Buses Eléctricos desarrollado por el DTPM durante 2025, el cual evaluó estrategias reales de operación y carga en 26 electroterminales del sistema, considerando una muestra de más de 400 buses eléctricos de distintas marcas y operadores. El estudio identificó que las estrategias de carga varían según condiciones operacionales, infraestructura disponible y esquemas tarifarios, observándose dos patrones predominantes: un peak nocturno (21:00-05:00) asociado a la carga principal de flota, y un peak diurno (10:00-15:00) vinculado a cargas de oportunidad.

Los resultados muestran que, pese a estas diferencias operacionales, los operadores mantienen niveles adecuados de salud de batería (SOH, State of Health), con un promedio cercano al 91% y valores mínimos observados en torno al 83%, en buses con mayor antigüedad. Las proyecciones indican que, bajo las actuales estrategias de gestión de carga, el SOH se mantendría en rangos aceptables incluso hacia el décimo año de operación, siempre que se mantengan las prácticas de monitoreo y control.

Gráfico 11: Comparación de SOH respecto a los kilómetros comerciales recorridos.



Fuente: Elaboración propia con datos DTPM (2025)

El estudio también identifica buenas prácticas y áreas de mejora relevantes para la gestión de la red de carga inteligente, tales como el monitoreo continuo del SOC inicial y final de cada carga, la moderación en el uso intensivo de cargas rápidas, la incorporación de tiempos de "relajación" térmica entre operación y carga, y la estandarización de protocolos de medición periódica del SOH. Estas recomendaciones refuerzan la necesidad de sistemas de gestión de carga capaces de ajustar dinámicamente potencia y tiempos de carga según el estado de la batería y las necesidades operacionales.

Desde el punto de vista regulatorio y contractual, estos sistemas no son optativos. El DTPM exige, a través de los contratos de concesión, la implementación de plataformas de gestión de flota y de carga que permitan realizar seguimiento detallado de los procesos de carga de los

buses eléctricos. Este requerimiento responde a la necesidad de proteger el desempeño y la vida útil de las baterías, dado que prácticas inadecuadas de carga, como sobrecargas, cargas rápidas innecesarias o gestión térmica deficiente, pueden deteriorar aceleradamente su capacidad, reduciendo autonomías y afectando la confiabilidad del servicio.

De este modo, la red de carga inteligente cumple una doble función estratégica: asegurar la continuidad operacional del sistema, alineando energía y servicio; y resguardar la inversión pública y privada en flota eléctrica. La evidencia empírica levantada por el DTPM confirma que una gestión de carga basada en datos, monitoreo continuo y criterios técnicos homogéneos es un factor crítico para sostener la confiabilidad, eficiencia y resiliencia del Sistema RED Movilidad en el largo plazo.

#### → 4. Continuidad del servicio ante contingencias

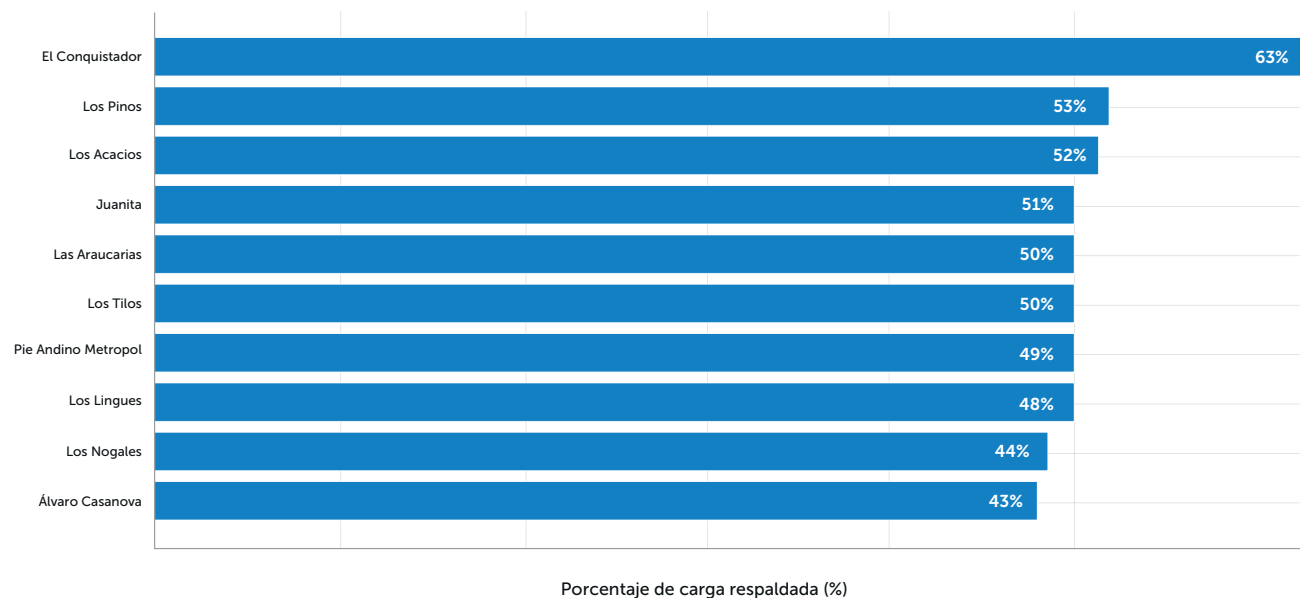
La resiliencia de los electroterminales se ha convertido en un atributo central del sistema RED Movilidad. A diferencia del modelo diésel, donde el almacenamiento de combustible permitía amortiguar interrupciones externas, la flota eléctrica depende de la estabilidad del suministro durante ventanas críticas de carga.

En este contexto, el dimensionamiento de los sistemas de respaldo es un factor clave. Si bien la RIC N°15 permite que los criterios específicos sean definidos por los operadores, en la práctica los diseños se han alineado con las recomendaciones de la SEC, estableciendo habitualmente una capacidad de respaldo mínima del 25% de la carga instalada, con autonomías de entre

4 y 8 horas. En electroterminales de mayor escala, se incorporan además esquemas de división de cargas entre varios transformadores, con el fin de evitar pérdidas significativas de capacidad operativa ante fallas puntuales.

En términos de capacidad instalada, todos los electroterminales del sistema cumplen con el umbral mínimo de respaldo, y varios superan ampliamente este estándar. Destaca el terminal El Conquistador, con una capacidad de respaldo del 63%, así como el desempeño consistente de operadores como Metbus, Metropol y STU, cuyos terminales se sitúan mayoritariamente por sobre el 45% de carga respaldada respecto a la potencia instalada de estos. A continuación, el detalle de los diez terminales con mayor capacidad de respaldo según su potencia instalada del sistema.

Gráfico 12: Top 10 Terminales con mayor capacidad de respaldo en el Sistema RED Movilidad



Fuente: Elaboración propia con datos DTPM (2025)

Tabla 4: Top 10 terminales respecto de sus porcentajes de carga respaldada

Terminal	Porcentaje de carga respaldada [%]	Cargadores respaldados	Marca grupo electrógeno	Capacidad grupo electrógeno [kVA]	Cantidad grupos	Capacidad tanque combustible [L]	Horas de respaldo a máxima potencia	Normativa de emisiones
El Conquistador	63	36	Cummins	900	9	1600	8.0	Euro Stage
Los Pinos	53	9	Cummins	550	4	500	4.6	EPA Tier 2
Los Acacios	52	11	Cummins	550	2	1000	4.6	EPA Tier 2
Juanita	51	19	Cummins	1110 / 1265	2	1000	5.7	EPA Tier 2
Las Araucarias	50	3	Cummins	440	1	500	4.8	EPA Tier 2
Los Tilos	50	7	Cummins	565 / 1000	2	1250	6.7	EPA Tier 2
Pié Andino Metropol	49	22	Cummins	825 / 550 / 1110	3	800	4.3	EPA Tier 2
Los Lingues	48	22	Cummins	900 / 706	4	1250	7.5	EPA Tier 2
Los Nogales	44	7	Cummins	720 / 565	2	1250	6.5	EPA Tier 2
Álvaro Casanova	43	3	Cummins	565	1	1000	6.5	EPA Tier 2

Fuente: Elaboración propia con datos DTPM (2025)

En paralelo, al analizar los eventos contingentes del último año muestra que la mayoría de las interrupciones registradas tuvo una duración promedio inferior a tres horas y una frecuencia de entre una y tres interrupciones por terminal. No obstante, los eventos más complejos no corresponden necesariamente a cortes prolongados, sino a microcortes y caídas breves de tensión, que obligan a reiniciar cargadores y reprogramar estrategias de carga.

Para enfrentar estos riesgos, el sistema ha fortalecido la coordinación interinstitucional entre el DTPM, operadores, empresas distribuidoras, la SEC y la Comisión Nacional de Energía, estableciendo protocolos de reporte, monitoreo y respuesta temprana ante contingencias, especialmente en contextos climáticos adversos.

De manera complementaria, se utilizan los indicadores SAIDI (System Average Interruption Duration Index) y SAIFI (System Average Interruption Frequency Index), definidos por la norma internacional IEEE-1366 y adoptados en la Norma Técnica de Calidad de Servicio (NTCS) chilena, como referencia para evaluar la confiabilidad del suministro eléctrico en los territorios donde operan los electroterminales. Esta información se integra con encuestas y entrevistas a operadores para capturar la experiencia operativa real.

#### a) Resiliencia en acción: cómo se opera ante eventos de suministro eléctrico

Más allá de la infraestructura física de respaldo, la resiliencia energética de los electroterminales del Sistema RED se sustenta crecientemente en la capacidad de gestión operacional y de coordinación interinstitucional frente a eventos de interrupción del suministro eléctrico. Esta resiliencia se construye tanto a partir de sistemas tecnológicos como de protocolos de actuación que permiten responder de manera oportuna, coordinada y escalonada ante contingencias.

En primer lugar, los operadores disponen de sistemas avanzados de gestión de flota y de carga inteligente, que permiten equilibrar los consumos energéticos con los niveles de servicio exigidos por los recorridos. Estos sistemas posibilitan priorizar servicios críticos, modular potencias, escalonar procesos de carga y reorganizar la operación ante restricciones temporales de energía, constituyendo una primera línea de defensa frente a eventos de estrés de la red. Este "ciclo de cuidado" operacional es clave para sostener la continuidad del servicio incluso antes de activar sistemas de respaldo.

Desde la perspectiva del DTPM, estos sistemas forman parte de mecanismos de seguimiento exigidos en los contratos de concesión. El monitoreo de ciclos de carga, potencias y condiciones de operación de las baterías permite resguardar su desempeño, autonomía y vida útil, considerando que una estrategia inadecuada puede deteriorar prematuramente los activos y afectar la continuidad del servicio en el mediano plazo.

La resiliencia operativa se focaliza en nodos críticos de alta densidad de flota, tales como Peñalolén, Puente Alto, Maipú y Pudahuel. A la fecha, el 100% de los 45 electroterminales del sistema cuenta con sistemas de respaldo operativos, cumpliendo con el estándar de seguridad. En este ámbito, destaca el electroterminal El Conquistador (Maipú) por poseer la mayor robustez del sistema, con un 63% de capacidad de respaldo mediante 9 grupos electrógenos de 900 kVA. Asimismo, el operador Metbus sobresale por mantener niveles de respaldo promedios cercanos al 50% de su potencia instalada

Complementariamente, se ha consolidado una fuerza de trabajo interinstitucional que articula actores del sistema para responder ante interrupciones. Ante la detección del evento, los centros de monitoreo de las empresas operadoras activan procedimientos internos, reportan a la distribuidora correspondiente e informan al Centro de Monitoreo de Buses (CMB) del DTPM. El CMB, en coordinación directa con contrapartes de contingencia de las distribuidoras y el Servicio Nacional de Prevención y Respuesta ante Desastres (SENAPRED), solicita actualizaciones del estado del suministro y gestiona celeridad en la restitución, priorizando la continuidad operacional de los electroterminales.

Conforme a lo anterior, existen retos y desafíos para el desarrollo de mayor resiliencia del sistema. Por ejemplo, ante eventos de mayor duración o ante condiciones climatológicas previstas, donde hoy en día se monitorea mediante reportes periódicos del estado de los electroterminales y activando una coordinación estrecha con la SEC y las empresas involucradas. En esta línea, actualmente se encuentra en desarrollo la formalización de un protocolo de acciones de contingencias para el primer trimestre de 2026 que permita entregar lineamientos y escalas de acciones conforme a niveles de criticidad de los eventos de interrupción de suministro eléctrico.

Adicionalmente, y en conjunto con la SEC se trabaja para que durante el primer semestre de 2026 se desarrolle la consolidación de acceso de información respecto del estado de los cargadores lo que permitirá mejorar el monitoreo ante contingencias, además de desarrollar acciones a niveles preventivos y de evaluación respecto de su disponibilidad.

#### b) Retos y desafíos en la calidad del suministro eléctrico

Por último, se ha identificado un insumo relevante para el análisis de resiliencia de las redes a nivel distribución. Lo anterior teniendo como referencia la información generada mediante indicadores SAIDI (que mide la duración promedio de las interrupciones eléctricas) y SAIFI (que mide la frecuencia de estas). Bajo la guía IEEE-1366. Estos indicadores, junto con el fortalecimiento del mantenimiento preventivo de cargadores e infraestructura eléctrica, se vuelve clave para proteger activos críticos y asegurar la disponibilidad operativa del sistema.

El análisis de estos indicadores y la información, suministrada por los operadores de los electroterminales, permitió identificar electroterminales de mayor exposición ante cortes de suministro, tales como: Santa Marta en Huechuraba, La Farfana en Maipú, Diagonal Las Torres en Peñalolén, Los Lingues en Pudahuel y OGM en San Bernardo. Estas ubicaciones son estratégicas debido a la alta densidad poblacional y de flota que concentran. Para mitigar estos riesgos, se trabaja coordinadamente con los organismos del ecosistema energético y se priorizan me-

didias de refuerzo y respaldo en los electroterminales más expuestos

En conjunto, estos avances refuerzan que la resiliencia energética se ha integrado progresivamente como un componente central del modelo RED Movilidad, indispensable para sostener la expansión de la electromovilidad y garantizar un transporte público confiable y continuo para las personas.



➔ 5. Infraestructura RED y su aporte a la transformación urbana

a) Electroterminales y transformación urbana: una nueva relación con el territorio

La infraestructura para la electromovilidad no solo habilita la operación del sistema, sino que también actúa como un catalizador de transformación urbana. La transición desde un modelo donde los terminales eran de propiedad exclusiva de los operadores hacia un esquema de gestión pública, impulsado desde 2017 y consolidado a partir del 2022 con la participación de la empresa pública “Desarrollo País”, ha permitido optimizar la planificación de servicios, disminuir costos, reducir rigideces operacionales y elevar el estándar urbano y laboral de estas instalaciones.

El tránsito hacia este modelo responde a la necesidad de superar limitaciones estructurales del esquema histórico, en el cual la localización, capacidad y estándar de terminales dependían exclusivamente de decisiones y activos de las empresas operadoras. Esto generaba rigideces para la planificación del sistema, ventajas para futuros incumbentes, dificultades para optimizar recorridos, mayores costos asociados a kilómetros no comerciales y bajos incentivos para invertir en infraestructura de calidad para las y los trabajadores.

En este contexto, la incorporación de Desarrollo País permitió avanzar hacia una tenencia estratégica de

terminales, habilitando una planificación más flexible, transparente y eficiente, reduciendo barreras de entrada a nuevos operadores y asegurando que esta infraestructura crítica responda a criterios de interés público, equidad territorial y sostenibilidad de largo plazo.

Al cierre de 2025, Desarrollo País ha adquirido 24 terminales para la operación del Sistema RED Movilidad, equivalentes a aproximadamente 33% del total. De este conjunto, 16 corresponden a electroterminales, reflejando el énfasis estratégico en habilitar infraestructura adecuada para la operación eléctrica. Una parte relevante de estas adquisiciones se enmarca en la licitación de uso de vías 2023, que requirió 23 inmuebles para su implementación: 16 ya existentes debieron electrificarse, 3 ya contaban con operación eléctrica, y 4 no existían previamente. Esos 4 nuevos terminales fueron también electrificados. En este contexto, Desarrollo País adquirió 19 terminales asociados al proceso, con 4 de ellos que ya se encontraban en régimen de arriendo.

Los cuatro nuevos electroterminales que se describen a continuación, fueron concebidos como puntos y elementos estratégicos para optimizar la red, reducir kilómetros no comerciales y elevar el estándar urbano y laboral del sistema.

Tabla 5: Características electroterminales adquiridos por Desarrollo País

Nombre Terminal - Operador	Comuna	Servicios que alojará para su operación	Principales ejes por servicios	Cabida – Capacidad (metros cuadrados y estacionamientos)	Trabajadoras/ trabajadoras totales proyectadas	Potencia y cargadores
Las Acacias Conecta	San Bernardo	306 H07 H08 H12 H13	Lo Ovalle Gabriela Mistral Club Hípico Portugal	30.000 m <sup>2</sup> y 140 estacionamientos de buses	255	1 MW 11 cargadores
El Retiro Gran Américas	San Bernardo	207 207c 207e 209 209c 234 290e F28	Santa Rosa	23.700 m <sup>2</sup> y 184 estacionamientos de buses	325	2 MW 17 cargadores
Jardin Alto Gran Américas	La Florida	322 323 E03 E05 E07 E10 E20	Walker Martínez Santa Amalia Eliás Fernández Albano	8.829 m <sup>2</sup> y 49 estacionamientos de buses	244	1.9 MW 15 cargadores
Los Peumos Voy	Maipú	110 118 506e 509	Manuel A. Matta Grecia 5 de Abril Simón Bolívar Vespucio Sur	20.000 m <sup>2</sup> y 100 estacionamientos de buses	79	2 MW 17 cargadores

En los cuatro nuevos proyectos desarrollados desde cero, los electroterminales incorporan no solo infraestructura energética, sino también medidas de mitigación urbana: iluminación, pavimentación, mejoras en calzadas, accesibilidad universal, ciclovías, paisajismo y control ambiental durante la construcción. Asimismo, su diseño integra espacios de bienestar para las y los trabajadores, como salas de descanso, comedores, salas de lactancia y bicicleteros, reforzando una visión integral de sostenibilidad.

Igualmente, el desarrollo de estos electroterminales ha requerido una estrecha coordinación de obras paralelas, integrando de manera simultánea de las obras civiles del terminal y la infraestructura de carga eléctrica, lo que ha permitido optimizar plazos, minimizar impactos urbanos y asegurar la continuidad operativa del sistema. Este enfoque resulta especialmente relevante en el contexto de la transición a la electromovilidad, donde la infraestructura energética es un requisito habilitante para la operación.

En conjunto, la infraestructura para la electromovilidad en RED Movilidad no solo sostiene la operación de la flota eléctrica, sino que redefine la relación entre transporte, energía y ciudad, consolidando un modelo de transición energética que es técnica, social y territorialmente responsable y coherente.

Ilustración 5: Imagen objetivo de terminales



Ilustración 6: Avances electroterminales Jardín Alto y El Retiro



### b) Infraestructura urbana que fortalece una movilidad sostenible

En continuidad con el desarrollo de electroterminales como piezas clave de la transformación urbana, la infraestructura vial y de soporte al transporte público, cumple un rol igualmente estratégico para consolidar un sistema de movilidad sostenible, eficiente y centrado en las personas. La electrificación no requiere solo energía y terminales adecuados, sino también condiciones urbanas que permitan que los viajes en bus sean competitivos frente al automóvil particular.

Al año 2025, el sistema cuenta con 494 km de vías prioritarias para buses y vehículos de emergencia (87 km de corredores segregados, 22,8 km de vías exclusivas y 384 km de pistas solo bus), puntos de parada y sistemas de fiscalización. Estas inversiones buscan reducir la congestión, mejorar la regularidad de los servicios y hacer más eficiente el funcionamiento del sistema en su conjunto.

➔ (1) Vías prioritarias para buses: menos congestión, más eficiencia

Actualmente, una parte relevante de los servicios circula por vías de uso mixto, compartiendo espacio con el transporte privado. Esta condición expone al transporte público a congestión, afectando velocidad comercial y confiabilidad. Para revertirlo, se ha impulsado la construcción de corredores, vías exclusivas y pistas solo bus, junto con la instalación de cámaras de fiscalización en ejes estratégicos.

Estas medidas han permitido otorgar prioridad efectiva al transporte público, mejorando puntualidad y reduciendo tiempos de viaje y espera, además de optimizar costos operacionales. Al año 2025, el sistema cuenta con 494 km de vías prioritarias para buses y vehículos de emergencia (87 km de corredores segregados, 22,8 km de vías exclusivas y 384 km de pistas solo bus), además de 526 cámaras de fiscalización, con una inversión acumulada cercana a \$4.500 millones, destinadas a asegurar el uso

➔ (2) Puntos de parada: seguridad, accesibilidad y perspectiva de género

La experiencia de viaje no comienza ni termina en el bus, sino en el punto de parada. Por ello, fortalecer paraderos seguros, accesibles y bien equipados es un componente central. Actualmente existen 11.990 puntos de parada en la ciudad; aproximadamente 80% dispone de refugio y el resto cuenta con señalización básica.

Más de 8.000 puntos de parada cumplen el estándar definido por el DTPM y se mantienen con financiamiento del Directorio, abarcando 30 de las 34 comunas de Santiago. En los últimos años se ha avanzado en puntos de parada seguros y con perspectiva de género, incorporando mejor iluminación, accesibilidad universal y sistemas de información en tiempo real.

Al año 2025, existen más de 500 puntos de parada equipados con botones de alerta, algunos de ellos conectados a centrales de seguridad municipal, paneles de información variable (PIV) y botones audibles para personas con discapacidad visual. Dentro de este conjunto, 368 paraderos cuentan con iluminación fotovoltaica, aportando a la sustentabilidad ambiental del sistema y reforzando la seguridad en el espacio público.



## C. Capital humano como motor de cambio

### → 1. Empleos verdes

La incorporación de buses eléctricos en RED Movilidad está impulsando una transformación sistémica que trasciende lo tecnológico y se expresa en cambios laborales, operativos, culturales, de servicio e institucionales. Desde la perspectiva de capital humano, este proceso es percibido como un avance estructural hacia un sistema más moderno, seguro y sostenible, que contribuye al bienestar laboral y a la mejora de la calidad de vida urbana mediante la reducción de ruido y emisiones, y la creación de empleos verdes de mayor especialización y reconocimiento social.

Con el objetivo de comprender en profundidad estos cambios, el DTPM realizó en 2025 un estudio cualitativo, basado en entrevistas con representantes de empresas operadoras, equipos técnicos y profesionales con roles estratégicos en la implementación, operación, mantenimiento y gestión del cambio, junto con la realización de grupos focales con personal de conducción y el personal de mantenimiento. Este enfoque permitió reconstruir el proceso desde una perspectiva experiencial, organizacional e institucional.

#### a) Dimensiones del cambio en el capital humano

La investigación identificó cinco dimensiones del cambio en el capital humano:

**1. Experiencial:** Los relatos del personal de conducción y técnicos evidencian una mejora directa en las condiciones de trabajo. La disminución del ruido y la vibración, junto con una mayor comodidad en cabina, se asocian a jornadas menos exigentes físicamente y a un mayor bienestar laboral. Estos cambios fortalecen, además, el orgullo profesional por operar tecnología de alto estándar ambiental, reforzando el sentido de pertenencia al sistema.

**2. Operativa:** La transición a buses eléctricos ha implicado una transformación visible de los espacios de trabajo. Patios y electroterminales evolucionan hacia entornos más limpios, ordenados y seguros, con nuevos protocolos eléctricos, procedimientos estandarizados y mayor trazabilidad de las operaciones.

**3. Organizacional:** La electromovilidad ha impulsado la aparición de nuevos roles y perfiles como en gestión de carga, electrolineros, soporte y análisis de datos y mantenimiento eléctrico, junto con una creciente tecnificación de los equipos. Este proceso va acompañado de una mayor formalización de procedimientos y del

uso intensivo de información operativa y protocolos de seguridad más estrictos, configurando organizaciones más profesionalizadas.

**4. Servicio:** Las mejoras en confort, menor ruido y modernización de la flota se traducen en una mejor experiencia de las personas usuarias. Este cambio refuerza la imagen del sistema, contribuyendo a su valoración ciudadana y a una percepción de mayor calidad del servicio entregado.

**5. Institucional:** el proceso de implementación de la electromovilidad se consolida como política pública de largo plazo, con liderazgo estatal, coordinación intersectorial (transporte-energía) y fiscalización digitalizada y flexible.

#### b) Etapas del proceso de implementación

El estudio cualitativo permite identificar un tránsito en tres etapas: Una primera fase de pilotos exploratorios caracterizada por alta incertidumbre y dependencia de fabricantes; una segunda etapa de ordenamiento técnico y normativo, donde se definen estándares, perfiles laborales y protocolos de seguridad; y una tercera fase de consolidación operativa y escalamiento, en la que tecnología se integra de manera más estable, aumenta la flota y se fortalece la regularidad del servicio.

Entre los principales facilitadores del proceso se identifican la mejora de las condiciones laborales, los programas de capacitaciones y acompañamiento técnico. En contraste, las barreras iniciales se asocian a temores sobre la seguridad eléctrica, tiempos limitados para formación y dependencia de soporte externo, lo que refuerza la necesidad de avanzar hacia esquemas de capacitación continua, la coordinación público-privada, la actualización de la oferta formativa y la comunicación activa de los avances.

#### c) Implicancias para generación de más empleos verdes y optimizar la gestión del cambio

A partir de los resultados del estudio cualitativo y los resultados cuantitativos que se detallan en la sección Electroterminales: nodos ambientales para el bienestar urbano, se identifican un conjunto de implicancias estratégicas para consolidar la electromovilidad como una política de empleos verdes de calidad y fortalecer la gestión del cambio en el sistema:

- **Profesionalización e inclusión:** la tecnificación y el ambiente más limpio favorecen la inclusión de mujeres y jóvenes en conducción y mantenimiento, y refuerzan trayectorias laborales verdes con mejor estándar de competencias.

- **Formación y certificación:** priorizar itinerarios formativos (seguridad eléctrica, gestión de carga, análisis de datos, conducción eficiente) y certificación de perfiles para elevar autonomía técnica y calidad del servicio.

- **Coordinación y datos:** profundizar la gestión con información (operación-carga-mantenimiento) y la coordinación público-privada para reducir la dependencia externa y acelerar resolución de incidencias.

- **Comunicación y visibilidad:** escalar la comunicación territorial y organizacional para que más trabajadores y vecinos reconozcan los cambios, maximizando la legitimidad y apropiación social del proceso.

La electromovilidad en RED Movilidad contribuye de manera significativa al bienestar laboral, eleva el estándar del servicio, reduce impactos ambientales y fortalece la valoración comunitaria, creando las condiciones para empleos verdes de calidad. Para consolidar y escalar estos beneficios, es clave sostener capacitaciones continuas, una coordinación sistémica entre los diferentes actores del ecosistema de la electromovilidad, actualización curricular y comunicación activa, garantizando la sostenibilidad de la transformación y la equidad en el acceso a oportunidades laborales de la transición energética.

### → 2. Capacitaciones al personal de empresas operadoras

Durante el año 2025, y considerando la información reportada hasta finales del mes de septiembre, las empresas operadoras<sup>2</sup> de Sistema registraron 7.471 personas capacitadas y 98.164 horas de formación acumuladas en temáticas vinculadas a electromovilidad, operación de buses eléctricos, mantenimiento y eficiencia energética.

Tabla 6: Personas y horas de capacitación aplicadas por las empresas operadoras de transporte, septiembre 2025.

UN/ US	Personas capacitadas	Horas totales de capacitación
UN2	494	3.952
UN3	712	2.136
UN4	5	15
UN5	2.027	16.216
US8-US9	75	1.026
US10-US12	140	2.240
US11-US13	1.932	31.166
US14-US15	711	3.555
US17-US18	1.375	37.858
<b>Total</b>	<b>7.471</b>	<b>98.164</b>

Fuente: Elaboración propia con datos DTPM (2025).

Las capacitaciones impartidas durante el periodo cubren un amplio espectro de competencias críticas para la electromovilidad, destacando:

- **Electromovilidad y operación técnica:** Funcionamiento de buses eléctricos, gestión energética y mantenimiento.

- **Conducción segura de buses eléctricos y calidad de servicio:** Seguridad vial, manejo defensivo y control de evasión, destacando el uso de simuladores de inmersión total en el caso de empresa Metbus.

- **Inducción y normativa:** programas de formación para personal de conducción que ingresa al sistema, reforzando procedimientos y protocolos de emergencia en vehículos eléctricos.

Un aspecto relevante es la participación directa de las empresas proveedoras de buses eléctricos quienes ejecutaron 3.282 horas totales de capacitación, principalmente asociadas a modelos específicos de flota. Este tipo de formación fortalece la transferencia de conocimiento técnico especializado y asegura que el personal cuente con competencias alineadas a las especificaciones del fabricante, tanto en conducción como en mantenimiento.

Finalmente, en relación a los perfiles de cargo presentes en las empresas operadoras, las acciones de capacitación se enfocaron principalmente en el personal de conducción, reflejando la prioridad en la operación segura y eficiente de los buses eléctricos. Sin perjuicio de lo anterior, también se incluyó formación para personal de mantenimiento, operadores y para personal de apoyo, incluyendo auxiliares y jefaturas, fortaleciendo competencias tanto en la conducción como en la gestión técnica y supervisión del servicio.



## IMPACTOS



# SOSTENIBLES PARA LA CIUDAD Y SUS HABITANTES



Admisión 2026  
**Becas Hasta 100%**  
Simula en unab.cl



GCBF38

Red  
METBUS

GCBF-38

CÁMBIATE Y AUMENTA TU SUELDO

PFXC59

Red  
METBUS

PFXC-59



# III. Impactos sostenibles para la ciudad y sus habitantes

## A. Beneficios ambientales

Para evaluar los beneficios ambientales de la electromovilidad en el Sistema RED Movilidad, el DTPM desarrolló en 2025 un enfoque metodológico integrado que combina estimaciones de emisiones, campañas de monitoreo en terreno y análisis estadístico de variables operacionales. Este enfoque permite analizar los impactos de la electrificación a distintas escalas: sistema, eje vial e infraestructura, y distinguir los efectos del recambio tecnológico del transporte público sobre la ciudad y sus habitantes.

La evaluación considera, por una parte, el cálculo de emisiones locales y globales mediante metodologías reconocidas y consistentes con los instrumentos sectoriales y climáticos. Complementariamente, se realizaron campañas de medición directa de ruido y calidad del aire en ejes viales y electroterminales estratégicos, bajo un diseño comparativo ex ante / ex post, sincronizado con hitos de incorporación de buses eléctricos.

En el caso del ruido urbano, dada su alta sensibilidad a los cambios en la flota y a las condiciones de operación, el análisis integra información proveniente de estaciones de monitoreo, conteos vehiculares desagregados y modelos estadísticos. Este enfoque permite estimar la contribución acústica del transporte público y proyectar resultados en corredores sin monitoreo continuo.

En la evaluación de la calidad del aire, particularmente del material particulado fino (PM<sub>2.5</sub>), se reconoce una mayor complejidad de atribución debido a la coexistencia de múltiples fuentes emisoras y a la influencia de factores meteorológicos. No obstante, el enfoque comparativo permite identificar tendencias coherentes con los recambios tecnológicos, especialmente en corredores e instalaciones que han experimentado transformaciones operacionales desde flotas diésel hacia configuraciones 100% eléctricas.

Las mediciones a nivel de eje y terminales contaron con el financiamiento y apoyo técnico de Centro de Movilidad Sostenible y del Proyecto "Apoyo a la Estrategia Chilena de Transporte Sostenible (CLETS)" que lidera el Ministerio de Medio Ambiente. Este marco metodológico sustenta los resultados presentados en las secciones siguientes, habilitando una lectura integrada de los beneficios ambientales de la electromovilidad y asegurando consistencia entre los distintos niveles de análisis.

### ➔ 1. Emisiones locales y globales: avances hacia la carbono neutralidad

La reducción de emisiones ha sido uno de los pilares centrales de la electromovilidad en el Sistema RED Movilidad. En 2025, el MTT a través de SECTRA actualizó su metodología de estimación de emisiones locales y globales con el objetivo de fortalecer la comparabilidad anual y alinear el proceso con los instrumentos nacionales de seguimiento climático.

La nueva metodología desarrollada se basa en un enfoque simplificado y coherente con los lineamientos operativos del Plan Sectorial de Mitigación y Adaptación al Cambio Climático para el Transporte (PSMACC), permitiendo integrar los resultados del Sistema RED Movilidad al monitoreo oficial de compromisos climáticos, facilitando el seguimiento y avance de las metas sectoriales hacia la carbono neutralidad al 2050.

Bajo este enfoque, los resultados del año 2025 mantienen la tendencia observada en periodos anteriores: una reducción sostenida de las emisiones, tanto locales como globales, en línea con la expansión de la flota eléctrica y la disminución progresiva de buses diésel en operación.

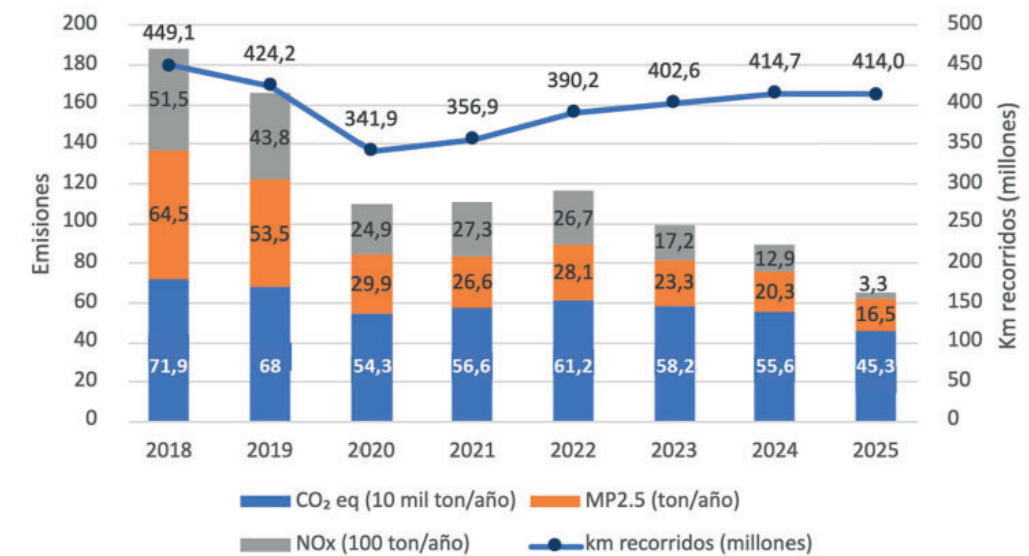
En términos globales, el CO<sub>2</sub>eq total anual del Sistema RED Movilidad disminuyó a 453 kt en 2025, lo que representa una reducción de 18,6% respecto de 2024 (556,4 kt). El indicador de intensidad de emisiones (gCO<sub>2</sub>/km-bus) también mostró una mejora, alcanzando 1.094,7 gCO<sub>2</sub>/km-bus, equivalente a una reducción de 18,4% en comparación con el año anterior. Esta disminución se explica principalmente por el incremento de kilómetros recorridos con buses eléctricos y por la mayor eficiencia energética de los nuevos modelos incorporados durante el periodo.

Las reducciones son aún más significativas cuando se comparan con 2018, año en que la participación de buses eléctricos en la flota era incipiente. Considerando este punto de partida, el sistema ha logrado reducir 265,4 kt de CO<sub>2</sub>eq, lo que corresponde a una disminución acumulada de 36,9% en las emisiones globales, evidenciando el efecto estructural de la electrificación sobre estas emisiones.

En cuanto a las emisiones locales, el comportamiento es igualmente favorable. En 2025, las emisiones de NOx se redujeron en 74,6% respecto de 2024, mientras que las de material particulado fino (MP2.5) disminuyeron en 18,7%, desde 20,3 a 16,5 toneladas, reflejando el impacto directo del retiro acelerado de buses diésel en operación.

Al comparar con los niveles registrados en 2018, las reducciones acumuladas alcanzan 93,6% en NOx y 74,4% en PM<sub>2.5</sub>, resultados consistentes con la transición de una flota mayoritariamente diésel hacia un sistema con mayor presencia de buses eléctricos.

Gráfico 13: Emisiones atmosféricas 2018-2025 (Ton/año)



Fuente: Elaboración propia a partir de la Herramienta Simplifica – Sectra (DTPM)

En términos globales, el CO<sub>2</sub>eq total anual del Sistema RED Movilidad disminuyó a 453 kt en 2025, lo que representa una reducción de 18,6% respecto de 2024 (556,4 kt). El indicador de intensidad de emisiones (gCO<sub>2</sub>/km-bus) también mostró una mejora, alcanzando 1.094,7 gCO<sub>2</sub>/km-bus, equivalente a una reducción de 18,4% en comparación con el año anterior. Esta disminución se explica principalmente por el incremento de kilómetros recorridos con buses eléctricos y por la mayor eficiencia energética de los nuevos modelos incorporados durante el periodo.

Las reducciones son aún más significativas cuando se comparan con 2018, año en que la participación de buses eléctricos en la flota era incipiente. Considerando este punto de partida, el sistema ha logrado reducir 265,4 kt de CO<sub>2</sub>eq, lo que corresponde a una disminución

acumulada de 36,9% en las emisiones globales, evidenciando el efecto estructural de la electrificación sobre estas emisiones.

En cuanto a las emisiones locales, el comportamiento es igualmente favorable. En 2025, las emisiones de NOx se redujeron en 74,6% respecto de 2024, mientras que las de material particulado fino (PM<sub>2.5</sub>) disminuyeron en 18,7%, desde 20,3 a 16,5 toneladas, reflejando el impacto directo del retiro acelerado de buses diésel en operación.

Al comparar con los niveles registrados en 2018, las reducciones acumuladas alcanzan 93,6% en NOx y 74,4% en PM<sub>2.5</sub>, resultados consistentes con la transición de una flota mayoritariamente diésel hacia un sistema con mayor presencia de buses eléctricos.

Tabla 7: Seguimiento de las Emisiones Anuales de los Buses RED de Movilidad

Año	MP <sub>2.5</sub> (Ton)	MP <sub>10</sub> (Ton)	NOx (Ton)	COV (Ton)	COV (Ton)	CO <sub>2</sub> eq (kt)	Km recorridos (millones)	Intensidad de emisiones (gCO <sub>2</sub> eq/Km-bus)
2018	64,5	82,1	5.151,5	246,7	1.393,1	63	449,1	1.600,2
2019	53,5	70,0	4.378,5	206,7	1.192,4	718,6	424,2	1.603,5
2020 (Covid19)	29,9	43,2	2.487,2	114,4	680,6	680,2	341,9	1.587,9
2021 (Covid19)	26,6	40,4	2.734,9	126,0	751,1	543,0	356,9	1.586,6
2022	28,1	43,2	2.667,4	120,6	739,4	566,3	390,2	1.567,7
2023	23,3	39,0	1.723,5	67,1	498,5	611,7	402,6	1.448,9
2024	20,3	36,4	1.290,0	50,0	382,0	583,3	414,7	1.341,8
2025	16,5	32,6	327,3	19,3	113,6	453,2	414,0	1.094,7
Variación % 2018-2025	-74,4%	-60,2%	-93,6%	-92,2%	-91,8%	-36,9%	-7,8%	-31,6%
Variación % 2024-2025	-18,7%	-10,5%	-74,6%	-61,3%	-70,3%	-18,6%	-0,2%	-18,4%

Fuente: Elaboración propia a partir de la Herramienta Simplifica – Sectra (2025)

El impacto de estas reducciones se comprende mejor al situar los resultados del sistema RED Movilidad dentro del inventario regional. Según el Plan de Prevención y Descontaminación Atmosférica (PPDA)<sup>22</sup>, las emisiones de la Región Metropolitana se distribuyen aproximadamente en tres tercios entre fuentes móviles, fijas y residenciales. Dentro del tercio asociado al sector transporte, los buses RED aportan solo un 3,3% de las emisiones totales de CO<sub>2</sub>eq, mientras que automóviles y motocicletas concentran cerca del 90%. Un patrón similar se observa en el material particulado fino: los buses RED generan únicamente 3,7% del Material Particulado fino (MP<sub>2.5</sub>), frente a 89,3% proveniente de vehículos particulares<sup>23</sup>.

Este bajo peso relativo del transporte público en las emisiones regionales no responde a una menor relevancia del sector, sino que constituye precisamente el resultado de la reducción sostenida de emisiones lograda mediante la electrificación de la flota. En este sentido, el Sistema

RED Movilidad se posiciona como una de las medidas más costo-efectivas del sector transporte, tanto por su aporte directo como por su valor demostrativo para tecnologías cero emisiones a gran escala.

Finalmente, como complemento a los resultados ambientales presentados, y con el objetivo de valorizar los beneficios asociados a la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero, se aplica la metodología de precios sociales vigente para 2025 del Sistema Nacional de Inversiones (SNI), dependiente del Ministerio de Desarrollo Social y Familia. En este marco, es posible cuantificar el ahorro asociado a las externalidades negativas evitadas producto de la disminución de emisiones de CO<sub>2</sub>eq en el período 2018–2025. De este modo, la reducción de emisiones contaminantes se traduce en ahorros por concepto de externalidades negativas del orden de \$18.721 millones de pesos anuales.

Tabla 8: Valorización económica de la reducción de emisiones de CO<sub>2</sub>eq mediante precio social del carbono (2018–2025)

<b>Precio Social del Carbono</b>	CLP/t CO <sub>2</sub> eq
	70.540
<b>Reducción CO<sub>2</sub>eq (t)</b>	Ahorros (MM\$)
<b>265.400</b>	18.721

Fuente: Precios sociales 2025 | Sistema Nacional de Inversiones



## ➔ 2. Consumo de energía y eficiencia energética

La electrificación del Sistema RED Movilidad ha implicado una transformación estructural en su patrón de consumo energético, reflejando un tránsito progresivo desde el uso intensivo de combustibles fósiles hacia un modelo basado en energía eléctrica, significativamente más eficiente y consistente con los objetivos de descarbonización del país.

Entre 2018 y 2025, el consumo de diésel de la flota de buses del sistema disminuyó desde 260,1 millones de litros a 134,9 millones de litros, lo que representa una reducción acumulada de 48,1%. Esta caída es coherente con el retiro progresivo de buses diésel y su reemplazo por flota eléctrica, particularmente a partir de 2019, cuando se inicia la incorporación sistemática de buses cero emisiones.

En paralelo, el consumo de energía eléctrica del sistema aumentó de manera sostenida, pasando de 11,3 GWh en 2018 a 398 GWh en 2025, lo que equivale a un crecimiento de más de 3.400% en 7 años. Este incremento no constituye un aumento neto del consumo energético total del sistema, sino una sustitución tecnológica: la energía eléctrica reemplaza al diésel con una eficiencia muy superior en términos de energía útil por kilómetro recorrido.

Tabla 9: Consumo de energía por fuente del Sistema RED Movilidad

Año	Diésel (millones lt)	Electricidad (GWh)
2018	260,1	11,3
2019	242,3	37,7
2020	189,0	63,5
2021	196,8	67,1
2022	212,9	91,7
2023	195,0	199,0
2024	183,3	263,7
2025	134,9	397,9

Fuente: Elaboración propia a partir de la Herramienta Simplifica – Sectra (2025)

De manera complementaria al cambio en la matriz de consumo energético, el Sistema RED Movilidad ha fortalecido de forma progresiva las exigencias de eficiencia energética de los buses incorporados al sistema. El estándar RED establece que los vehículos que ingresan bajo los nuevos contratos de concesión deben cumplir no solo con la normativa vigente de emisiones contaminantes y tecnologías más limpias, sino también con requisitos mínimos de eficiencia energética, medidos en megajoules por kilómetro (MJ/km) bajo el ciclo de

operación "TS-STGO", representativo de las condiciones reales de circulación en Santiago.

El cumplimiento de estos parámetros es verificado durante el proceso de homologación de los buses ante el Centro de Control y Certificación Vehicular (3CV), asegurando que los vehículos incorporados al sistema alcancen niveles adecuados de desempeño energético en condiciones reales de operación. Asimismo, la eficiencia energética constituye una variable relevante en los procesos de licitación y adjudicación de concesiones, a través del factor de evaluación de eficiencia, incentivando la incorporación de buses con menores consumos energéticos y mejor rendimiento operativo.

De este modo, la electromovilidad en RED Movilidad no solo reduce el uso de combustibles fósiles, sino que promueve un parque vehicular cada vez más eficiente, alineando los objetivos ambientales con la sostenibilidad económica y operativa del sistema.

## ➔ 3. Origen de la energía

La contribución ambiental de la electromovilidad no depende únicamente del reemplazo tecnológico de buses diésel por eléctricos, sino también del origen de la energía utilizada para su operación. En este sentido, la electrificación del transporte público adquiere pleno sentido climático cuando se articula con una matriz eléctrica cada vez más limpia y renovable.

A nivel global, la Agencia Internacional de Energía (IEA) identifica a los vehículos eléctricos como la principal tecnología para descarbonizar el transporte terrestre, un sector que en 2023 representó más del 15% de las emisiones globales asociadas a la energía<sup>3</sup>. En Chile, esta necesidad es aún más relevante: según el Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero, el sector Energía concentró el 77% de las emisiones totales del país en 2018, con una participación significativa atribuible al transporte<sup>4</sup>.

En este contexto, el Sistema RED Movilidad ha incorporado exigencias explícitas para asegurar que la operación de su flota eléctrica sea coherente con los principios de sostenibilidad energética. A través de las bases de licitación, en particular, la cláusula 3.2.3.6, el DTPM exige que cada operador presente, previo al inicio de la operación, una declaración jurada de sus proveedores de energía eléctrica, certificando que mensualmente existe un saldo positivo entre la energía renovable inyectada al sistema eléctrico y la energía comprometida contractualmente.

Este requisito se estructura en tres elementos complementarios. En primer lugar, se exige la factibilidad técnica del suministro eléctrico, mediante un certificado que acredita que la red de distribución asociada al electroterminal cuenta con la capacidad necesaria para

sostener los ciclos de carga sin afectar la continuidad del servicio. En segundo lugar, se establece un compromiso legal del proveedor de energía, formalizado mediante declaración jurada, que garantiza el cumplimiento de los estándares de suministro renovable exigidos por el sistema. Finalmente, el mecanismo del saldo positivo asegura que los proveedores sean generadores netos de energía renovable, es decir, que la energía limpia que inyectan al sistema eléctrico nacional sea superior a la energía renovable comprometida con sus clientes.

Este cumplimiento es acreditado a través del Registro Nacional de Energías Renovables (RENOVA), administrado por el Coordinador Eléctrico Nacional, lo que permite

verificar de manera transparente y trazable el origen renovable de la energía consumida por los operadores del sistema.

En conjunto, estas exigencias permiten asegurar que la electromovilidad del Sistema RED Movilidad no solo reduce emisiones en la operación diaria de los buses, sino que también se alinea con la transición energética del país, fortaleciendo la coherencia ambiental de toda la cadena de suministro eléctrico asociada al transporte público.

Tabla 10: Cuadro declaraciones suministro energía renovable

Operador / Concesionario	Suministrador	Periodo de contrato	Consumo Certificado (MWh)	% Energía Renovable	Mecanismo de Verificación
Conecta	EMOAC SpA	Agosto 2025- actualidad	Según Despacho	100%	RENOVA / Blockchain
Metropol	EMOAC SpA	Enero 2024 - actualidad	Según Despacho	100%	RENOVA / Coordinador Eléctrico
Voy	ENEL Generación S.A	Agosto 2025- actualidad	Según Despacho	No especificada	No especificada
STU	EMOAC SpA	Febrero 2023- actualidad	Según Despacho	100%	RENOVA / Coordinador Eléctrico
RBU	ENEL Generación S.A	Enero 2023- actualidad	Según Despacho	100%	Certificado IREC
Gran América	EMOAC SpA	Agosto 2025- actualidad	Según Despacho	100%	RENOVA / Coordinador Eléctrico

Fuente: Elaboración propia a partir de datos DTPM (2025)

#### → 4. Ciudades más silenciosas: reducción de ruido urbano

La introducción de buses eléctricos ha transformado el paisaje sonoro del Gran Santiago, reduciendo los niveles de ruido en los principales ejes viales y mejorando la calidad de vida de las personas.

Aunque una variación de 1 decibel (dB(A)) pueda parecer menor, en una escala logarítmica representa una reducción cercana al 20% de la energía acústica emitida al entorno. Esto significa que la ciudad recibe considerablemente menos ruido. Por ello, complementar el análisis tradicional en dB(A) con su equivalencia en porcentaje de energía acústica permite dimensionar de mejor manera el aporte de la electromovilidad a la reducción de la contaminación acústica.

Los buses eléctricos que operan en el Sistema RED y son certificados por el Centro de Control y Certificación Vehicular (3CV) emiten en promedio 5 a 6 dB(A) menos que lo exigido por la normativa vigente (80–81 dB(A))<sup>28</sup>, bajo ensayo dinámico interior y exterior. Esta diferencia equivale a que un bus eléctrico genera entre 68% y 75% menos energía acústica que un bus diésel tradicional, lo que explica gran parte del impacto observado en las calles de la ciudad<sup>6</sup>.

Con el fin de evaluar la expresión de este impacto a nivel urbano, se analizaron los registros de cuatro estaciones de la Red de Monitoreo de Ruido del Ministerio del Medio Ambiente (MMA)<sup>7</sup>. Para cada estación se seleccionó un día laboral representativo de distintos años, considerando las horas punta (8:00–9:00 y 19:00–20:00), las expediciones de los buses de distinta composición tecnológica (diésel o eléctrico) que circularon frente al punto de medición y un conteo vehicular del transporte privado, permitiendo atribuir de manera más precisa la contribución del transporte público.

El análisis muestra que, en la mayoría de los ejes viales y horarios, los niveles de ruido tienden a disminuir en 2025 respecto del primer año medido, con reducciones más claras en los ejes con mayor recambio tecnológico, como Alameda y Santa Rosa. En estos casos, las caídas acumuladas alcanzan entre –4,4 y –3,4 (dB(A)) en horario punta mañana, valores significativos para corredores de alto flujo.

A nivel de energía acústica, las reducciones llegan hasta 64% en los ejes con mayor penetración de buses eléctricos, reflejando un cambio estructural consistente con el aumento progresivo de esta tecnología. Está reducción en el 2023 alcanzaba el 44% versus el 64% que alcanza el 2025.

En este contexto, las alzas puntuales de ruido observadas en algunos ejes no responden a retrocesos en la

electromovilidad, sino principalmente a variaciones en la composición del flujo vehicular, en particular al incremento relativo de vehículos pesados registrado en los conteos vehiculares y, cuyo aporte acústico puede opacar el efecto de reducción generado por el recambio tecnológico del transporte público. En los principales ejes electrificados, la tendencia de fondo sigue siendo de disminución y estabilización en niveles más bajos que los observados al inicio de los periodos analizados.

#### a) Resultados por estación de la Red de Monitoreo de Ruido del Ministerio Medio Ambiente

**Alameda (Altura N° 924).** La Alameda cuenta con la serie histórica más extensa, lo que permite observar con claridad la evolución del ruido ambiental desde el inicio de la electrificación.

Entre 2019 y 2025, los niveles de ruido disminuyen –4,4 dB(A) en la mañana y –3,6 dB(A) en la tarde, una reducción relevante para uno de los ejes de mayor flujo vehicular de Santiago. En términos de energía acústica, la caída acumulada entre 2019 y 2025 alcanza 64% en hora AM y 56% en hora PM, evidenciando un cambio estructural atribuible a la mayor presencia de buses eléctricos, cuya participación aumenta desde 12% en 2019 a 54% en 2025 en la mañana, y desde 14 % al 56 % en la tarde.

Esta tendencia ya se manifestaba de manera significativa en 2023. En un día representativo de ese año, se registró una reducción de 44% de la energía acústica en la hora punta de la mañana (8:00–9:00 hrs.) y de 40% en la tarde (19:00–20:00 hrs.), en comparación con 2019, en coherencia con el aumento de la participación de buses eléctricos en el eje, que alcanzaba 36% en 2023. Estos resultados anticipan el efecto estructural que se consolida en los años posteriores.

Así, al comparar 2025 respecto de 2024, se observan reducciones adicionales de –2,2 dB(A) en la mañana y –1,5 dB(A) en la tarde. En este mismo periodo, la energía acústica disminuye en 40% en la mañana y 29% en la tarde, en coherencia con el aumento de participación eléctrica en el eje, que pasa de 41% en 2019 a 54% en 2025 en la mañana, y de 43% al 56% en la tarde.

Los conteos vehiculares muestran variaciones acotadas en el tránsito privado entre 2024 y 2025, reforzando que la reducción observada se explica principalmente por el recambio tecnológico del transporte público (Tabla 11).

**San Miguel (Santa Rosa N° 3453).** Entre 2020 y 2025, los niveles de ruido en este eje disminuyen –3,4 dB(A) en el horario de la mañana y la tarde. En la comparación interanual 2025-2024 se muestran reducciones más acotadas de –0,4 dB(A) en horario PM y un aumento de +1,1 dB(A) en horario AM.

En términos de energía acústica, se observa una reducción de 54% entre 2020 y 2025, y una disminución moderada de 9% en horario PM entre 2024 y 2025. Los resultados son consistentes con el aumento de la participación de buses eléctricos en el eje que no registraban presencia en 2020 y pasan a representar un 31% en 2025.

En paralelo, los conteos vehiculares muestran incrementos del tránsito privado, especialmente de camiones en horario punta mañana y tarde, lo que sugiere que las reducciones de ruido observadas se producen pese a una mayor demanda vehicular externa al Sistema RED.

**La Florida (Walker Martínez N° 300-380).** Entre 2022 y 2025, el ruido presenta una disminución de -0,9 dB(A) en la mañana, mientras que en la tarde aumenta levemente +0,5 dB(A). La comparación interanual 2025-2024 muestra reducciones de -0,5 dB(A) en horario AM y un aumento de +2,2 dB(A) en horario PM.

La reducción de energía acústica durante la mañana alcanza 19% entre 2022-2025, y continúa bajando 11% entre 2024-2025. En este eje, todas las expediciones

en 2022 se realizaban con buses diésel; para 2025, el aumento gradual de flota eléctrica alcanza 43%.

El aumento del nivel de ruido en el horario PM coincide con un incremento del tránsito privado, particularmente de camiones (17%) y motos (55%) entre el 2024 y 2025.

**El Bosque (Alejandro Guzmán 925).** Este eje presenta disminuciones moderadas propias del entorno urbano. En el período 2022-2025, existe una leve disminución de -0,5 dB(A) (AM) y -0,2 dB(A) (PM). A nivel interanual, 2025-2024 muestra reducciones más marcadas: -1,5 dB(A) en la mañana y -1,1 dB(A) en la tarde.

La energía acústica también evidencia mejoras: -11% (AM) y -5% (PM) entre 2022-2025 y en términos operacionales, la participación eléctrica que era nula en 2022, aumenta a 37% en 2025. En tanto, los conteos vehiculares muestran variaciones moderadas del tránsito privado.

Gráfico 14 Evolución anual de los niveles de ruido en Alameda (Leq dB(A)) y distribución de la composición tecnológica de la flota en horario AM y PM

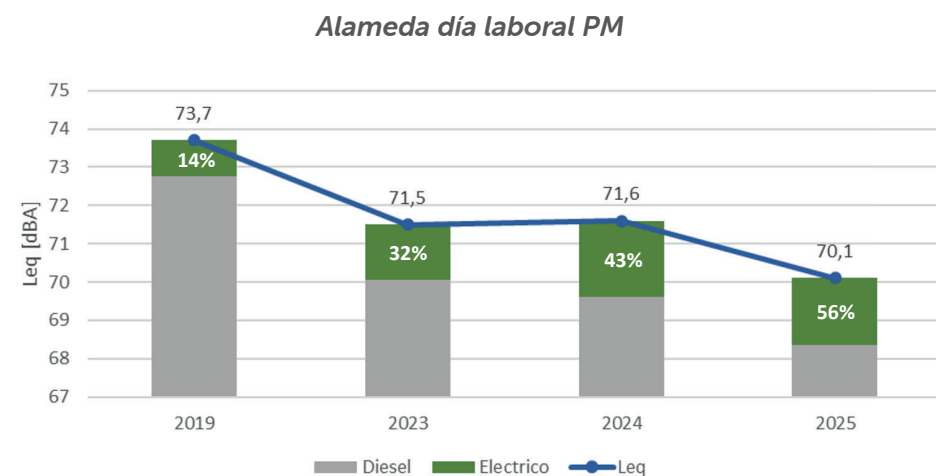
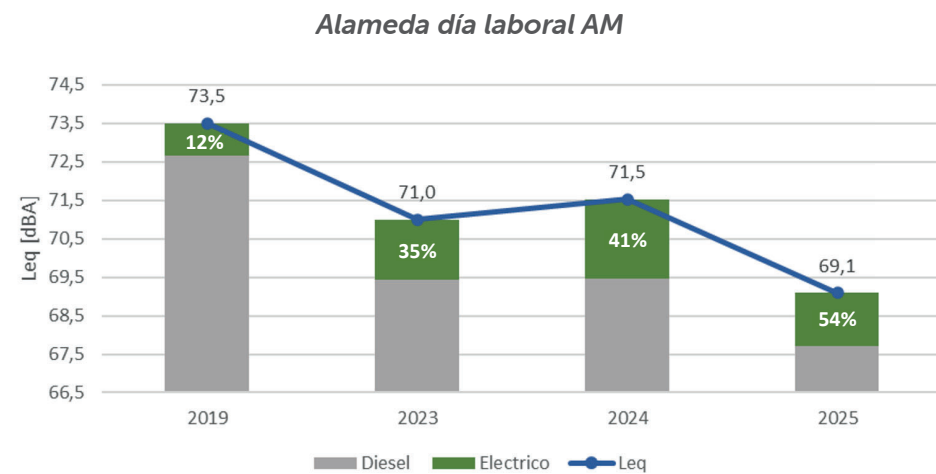


Tabla 11: Niveles de ruido en decibeles (dB(A)) en Estaciones de Monitoreo de Ruido y distribución de expediciones de buses por tecnología.

Estaciones monitoreo	Fecha de análisis		Niveles de ruido en decibeles (dB(A))		Distribución de expediciones de buses según tecnología			
	Día	Año	8-9 hrs	19-20 hrs	Diésel	Eléctrico	Diésel	Eléctrico
					8-9 hrs	19-20 hrs	8-9 hrs	19-20 hrs
Alameda (Altura N°924)	13-08-2019	2019	73,5	73,7	88%	12%	86%	14%
	17-08-2023	2023	71,0	71,5	65%	35%	68%	32%
	07-11-2024	2024	71,3	71,6	59%	41%	57%	43%
	23-10-2025	2025	69,1	70,1	46%	54%	54%	56%
	<b>2019 vs 2025</b>	<b>Decibeles (dB(A))</b>	<b>-4,4</b>	<b>-3,6</b>				
	<b>Energía acústica (%)</b>	<b>-64%</b>	<b>-56%</b>					
San Miguel (Santa Rosa N°3453.)	23-09-2020	2020	67,9	66,6	100%	0%	100%	0%
	12-09-2023	2023	65,3	64,7	68%	32%	73%	27%
	07-11-2024	2024	63,4	63,6	67%	33%	78%	22%
	23-10-2025	2025	64,5	63,2	71%	29%	69%	31%
	<b>2020 vs 2025</b>	<b>Decibeles (dB(A))</b>	<b>-3,4</b>	<b>-3,4</b>				
	<b>Energía acústica (%)</b>	<b>-54%</b>	<b>-54%</b>					
La Florida (Walker Martínez N°300-380)	09-11-2022	2022	65,7	66,1	100%	0%	100%	0%
	14-11-2023	2023	66,5	65,6	100%	0%	100%	0%
	07-11-2024	2024	65,3	64,4	100%	0%	100%	0%
	23-10-2025	2025	64,8	66,6	57%	43%	68%	32%
	<b>2022 vs 2025</b>	<b>Decibeles (dB(A))</b>	<b>-0,9</b>	<b>+0,5</b>				
	<b>Energía acústica (%)</b>	<b>-19%</b>	<b>+12%</b>					
El Bosque (Alejandro Guzmán 925)	02-11-2022	2022	61,9	62	100%	0%	100%	0%
	30-11-2023	2023	62,6	66,4	65%	35%	70%	30%
	07-11-2024	2024	62,9	62,9	74%	26%	71%	29%
	23-10-2025	2025	61,4	61,8	68%	32%	63%	37%
	<b>2022 vs 2025</b>	<b>Decibeles (dB(A))</b>	<b>-0,5</b>	<b>-0,2</b>				
	<b>Energía acústica (%)</b>	<b>-11%</b>	<b>-5%</b>					
	<b>2024 vs 2025</b>	<b>Decibeles (dB(A))</b>	<b>-1,5</b>	<b>-1,1</b>				
	<b>Energía acústica (%)</b>	<b>-29%</b>	<b>-22%</b>					

Fuente: Elaboración propia a partir datos de la Estaciones de Monitoreo Ruido del MMA y DTPM (2025)

Tabla 12: Conteos vehiculares y variaciones 2024 y 2025.

Ejes viales	Fecha de conteo	AM (8-9 hrs)				PM (19-20 hrs)			
		Buses	Vehículos Livianos	Camiones	Motos	Buses	Vehículos Livianos	Camiones	Motos
Alameda (Altura N°924)	07-11-2024	420	3.616	97	145	454	3.659	57	245
	23-10-2025	357	2.290	70	151	424	2.804	37	164
	Variación (%)	-15%	-37%	-28%	4%	-7%	-23%	-35%	-33%
San Miguel (Santa Rosa N°3453.)	07-11-2024	123	2.141	97	164	120	1.684	76	116
	23-10-2025	119	2.168	70	88	105	2.444	102	100
	Variación (%)	-3%	1%	-28%	-46%	-13%	45%	34%	-14%
La Florida (Walker Martínez N°300-380)	07-11-2024	19	1.086	22	32	32	1.202	18	53
	23-10-2025	35	1.198	43	30	30	1.199	21	82
	Variación (%)	84%	10%	95%	-6%	-6%	0%	17%	55%
El Bosque (Alejandro Guzmán 925)	07-11-2024	35	456	29	19	51	426	19	24
	23-10-2025	40	470	31	19	43	433	24	14
	Variación (%)	14%	3%	7%	0%	15%	2%	26%	-42%
Gran Avenida (Altura Metro El Llano)	07-11-2024	164	3178	66	128	164	2984	105	109
	23-10-2025	165	2741	79	110	158	3035	117	97
	Variación (%)	1%	-16%	17%	-16%	-4%	2%	10%	-12%
Diego Portales (Tramo Av Florida - Sta Cecilia)	07-11-2024	86	907	38	30	70	693	20	67
	23-10-2025	74	782	46	26	56	705	22	60
	Variación (%)	-16%	-16%	17%	-16%	-25%	2%	10%	-12%
Av Gabriela, Tramo Los Gómeros - Nemesio Vicuña	07-11-2024	80	892	20	17	90	752	29	27
	23-10-2025	72	769	24	15	79	765	32	24
	Variación (%)	-11%	-16%	17%	-16%	-14%	2%	10%	-12%

Fuente: Elaboración propia con datos DTPM (2025)



### b) Análisis complementario con conteos vehiculares y modelación estadística.

Para determinar con mayor precisión si las reducciones de ruido observadas en los ejes analizados son atribuibles al aumento de flota eléctrica, el DTPM complementó las mediciones realizadas en estaciones del MMA con un análisis detallado de flujos vehiculares y su relación estadística con los niveles de ruido registrados. Este enfoque permite distinguir el efecto específico del transporte público respecto a otras fuentes móviles, y además constituye la base metodológica para estimar el impacto acústico en ejes donde no existen estaciones de monitoreo continuo.

El análisis combinó tres componentes:

1. Conteos vehiculares desagregados entre buses eléctricos, buses diésel, vehículos livianos y vehículos pesados.
2. Análisis de correlación, para evaluar la asociación directa entre el nivel de ruido y los flujos de transporte público.
3. Modelos de regresión lineal, para estimar la contribución específica de cada tipo de vehículo y su interacción con la velocidad.

#### (1) Análisis de correlación: el rol dominante del bus diésel en el ruido urbano

Se aplicó un análisis de correlación de Pearson entre los niveles de ruido (en dBA) y los flujos vehiculares registrados en cada eje medido. Primero se evaluó el flujo total de buses, y posteriormente se desagregó entre diésel y eléctricos para capturar su efecto diferenciado.

Los resultados muestran que la relación entre flujo total de buses y ruido es alta y positiva, lo que significa que, a mayor circulación de buses, mayor es la presión sonora registrada. Sin embargo, el análisis desagregado revela diferencias importantes entre buses diésel y eléctricos. Los primeros presentan una correlación fuerte con el ruido ambiental (coeficiente = 0,766), mientras los buses eléctricos muestran una correlación más moderada (coeficiente = 0,609), confirmando que el impacto acústico del bus diésel es superior al del bus eléctrico.

Estos resultados respaldan la hipótesis de que la disminución del ruido urbano en los corredores evaluados se explica, en gran medida, por la reducción del parque de vehículos pesados diésel y la entrada de buses eléctricos con menor nivel de emisión sonora.

#### (2) Modelos de regresión lineal: estimando el aporte acústico del transporte público y privado

Para analizar de forma integrada el aporte del transporte público y privado al ruido ambiental, se desarrollaron cinco modelos de regresión lineal múltiple, incorporando flujos y velocidades de vehículos livianos, vehículos pesados y buses (eléctricos y diésel).

El modelo con mejor ajuste estadístico ( $R^2$  ajustado = 0,88) entregó resultados consistentes con la correlación, permitiendo estimar la contribución acústica específica de cada tipo de vehículo:

- El flujo de buses eléctricos tiene un efecto negativo, es decir, su presencia contribuye a disminuir el ruido total registrado.
- Sin embargo, la interacción entre flujo y velocidad mostró que, al aumentar la velocidad, el aporte acústico de los buses eléctricos también crece. Esto es, que a velocidades menores a 13 km/h, su contribución es prácticamente nula. Mientras que, sobre esa velocidad, el impacto aumenta, aunque sigue siendo sustancialmente menor en comparación a los buses diésel.

A modo de referencia cuantitativa: Un bus eléctrico aporta 0,005 dB(A) a 30 km/h. En cambio, un bus diésel aporta 0,019 dB(A), independiente de la velocidad, es decir, casi cuatro veces más.

Estos resultados permiten inferir que, incluso bajo distintas condiciones de operación, los buses eléctricos presentan un impacto acústico significativamente menor y aportan a la reducción total de ruido urbano.

En términos globales, el modelo estima que los buses eléctricos representan solo un 3% del ruido total en los puntos monitoreados. En tanto, los buses diésel representan el 44%, pese a transportar volúmenes equivalentes de pasajeros.

*“Entre 2023 y 2025, el Sistema RED redujo hasta en un 80% las emisiones de los principales contaminantes locales, mientras disminuyó en casi un 25% su huella de carbono, aun cuando la oferta de transporte aumentó.”*

**(3) Uso del modelo para estimar ruido en ejes sin estaciones de monitoreo de ruido**

Una de las principales virtudes de este análisis es que permite extender la evaluación a ejes viales donde no existen estaciones de monitoreo de ruido. Los modelos estadísticos construidos, basados en flujos vehiculares, velocidades promedio y composición tecnológica de la flota, permiten proyectar los niveles de ruido probables y, con ello, identificar el aporte específico del transporte público en distintos escenarios de recambio operacional y tecnológico de la flota.

Este enfoque es especialmente útil en ejes densamente poblados o con alta circulación vehicular, donde los recambios tecnológicos pueden generar beneficios relevantes para la comunidad, pero donde no existe un registro histórico que permita comparar el “antes y después”.

**(a) Resultados en Avenida Diego Portales: validación empírica del modelo**

El eje **Avenida Diego Portales**, constituye el caso más robusto para evaluar la capacidad predictiva del modelo, ya que además de las estimaciones se realizaron mediciones directas en terreno entre los meses de septiembre a diciembre con apoyo del Centro de Movilidad Sostenible (CMS)<sup>29</sup>.

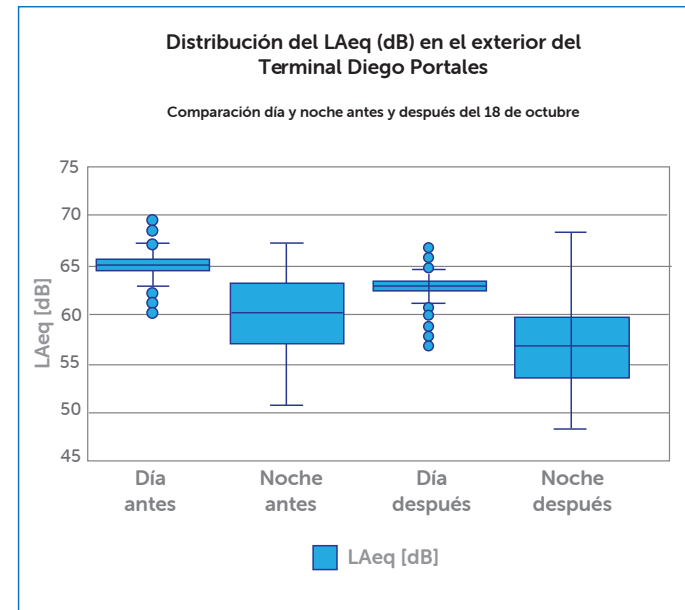
El recambio tecnológico en eje se produjo el 18 de octubre de 2025, tras el recambio de buses diésel a eléctricos en los servicios E01, E02, E04, E08, E09, E11 y E14. Para este corredor, el modelo proyectaba disminuciones pronunciadas de -1,6 dB(A) en horario punta mañana y -0,9 dB(A) en horario punta tarde, con reducciones de energía acústica de entre 31% y 19%, respectivamente.

Las mediciones independientes confirmaron la tendencia a la disminución de los niveles de ruido, aunque con magnitudes inferiores a las estimadas por el modelo. En promedio, se observó que:

– En el periodo diurno, los niveles de ruido pasaron de 63,82 dB(A) antes del recambio a 63,41 dB(A) después de la electrificación, lo que corresponde a una reducción de -0,5 dB(A) y 10% menos de energía acústica.

– En el periodo nocturno, los niveles disminuyeron desde 54,05 dB(A) en el escenario previo a 52,90 dB(A) con operación 100% eléctrica, equivalente a una reducción de -1,15 dB(A) y -30% de energía acústica.

**Gráfico 15 : Variación LAeq (dB) – Eje Diego Portales Ex ante / Ex post día y noche**



Fuente: Mediciones del Centro de Movilidad Sostenible (2025)

**(b) Resultados en el eje Gran Avenida José Miguel Carrera**

En el caso de **Gran Avenida**, las estimaciones del modelo anticipaban reducciones del orden de 21% en energía acústica (-1 dB(A)) en la mañana tras la incorporación de los nuevos buses eléctricos en el servicio 301 materializado el 22 de noviembre 2025.

leve aumento de 0,2 dB(A) en la noche, lo que equivale a una variación de energía acústica del orden del 5%. La correspondencia entre proyección y medición demuestra que el modelo captura moderadamente el impacto del retiro progresivo de buses diésel en corredores troncales.

Por su parte, las mediciones registraron una disminución promedio de -0,1 dB(A) durante el periodo diurno y un

**(c) Resultados en Avenida Gabriela: proyección sin medición directa**

En el eje Avenida Gabriela, donde se renovaron los vehículos que operan los servicios 325, E12, E13, E15c, E16 durante el mes agosto del 2025, no existen mediciones de ruido históricas, por lo que el modelo constituye la única herramienta de estimación.

en punta mañana al comparar el antes y después del recambio de esta nueva tecnología.

El modelo proyectó una reducción en la energía acústica de 11% (-0,5 dB(A)) durante un día laboral típico en la hora punta de la tarde y un leve aumento de 9% (0,4 dB(A))

Estos resultados refuerzan la utilidad del modelo para aproximar el efecto combinado del retiro de buses diésel y las condiciones operacionales específicas del corredor, permitiendo evaluar impactos potenciales en ausencia de mediciones directas.

**Tabla 13: Resultados de campaña de monitoreo de ruido y proyecciones en ejes, antes y después del recambio de buses diésel a eléctricos, (LAeq (dB))**

Sitio de monitoreo	Condición	Valor antes	Valor después	Variación	Energía acústica
Eje Diego Portales	Total	59,8	59,2	-0,6	-13%
	Día	62,5	62,0	-0,5	-10%
	Noche	54,5	53,6	-0,9	-19%
Eje Gran Avenida	Total	68,0	67,9	-0,1	-2%
	Día	69,7	69,6	-0,1	-2%
	Noche	64,2	64,4	0,2	-5%
Proyecciones	Condición	2024	2025	Variación	Energía acústica
Eje Diego Portales	8:00 – 9:00	66,3	64,7	-1,6	-31%
	19:00-20:00	65,8	64,8	-0,9	-19%
Eje Gran Avenida	8:00 – 9:00	70,6	70,5	-0,1	-2%
	19:00-20:00	71,05	71,08	0,0	+1%
Eje Av. Gabriela	8:00 – 9:00	63,9	64,3	0,4	+9%
	19:00-20:00	65,3	64,8	-0,5	-11%

Fuente: Mediciones del Centro de Movilidad Sostenible (2025)

Tabla 14: Modelaciones de Niveles de ruido en decibelios (dB(A)) en ejes viales donde no existen Estaciones de Monitoreo de Ruido, 2024-2025

Ejes viales modelados	Fecha de análisis		Niveles de ruido en decibelios (dB(A))		Distribución de expediciones de buses según tecnología			
	Día	Año	8-9 hrs	19-20 hrs	Diésel	Eléctrico	Diésel	Eléctrico
					8-9 hrs	19-20 hrs	8-9 hrs	19-20 hrs
Gran Avenida (Altura Metro El Llano)	07-11-2024	2024	70,6	71,1	90%	10%	88%	12%
	26-11-2025	2025	69,6	70,0	57%	43%	52%	48%
	<b>2024 vs 2025</b>	<b>Decibelios (dB(A))</b>	-1,00	-1,6				
		<b>Energía acústica (%)</b>	-21%	-22%				
Diego Portales (Tramo Av Florida - Sta Cecilia)	07-11-2024	2024	66,3	65,8	100%	0%	100%	0%
	23-10-2025	2025	64,7	64,8	0%	100%	5%	95%
	<b>2024 vs 2025</b>	<b>Decibelios (dB(A))</b>	-1,6	-0,93				
		<b>Energía acústica (%)</b>	-31%	-19%				
Av Gabriela (Tramo Los Gómeros - Nemesio Vicuña)	07-11-2024	2024	63,9	65,3	4%	96%	7%	93%
	23-10-2025	2025	64,3	64,8	3%	97%	6%	94%
	<b>2024 vs 2025</b>	<b>Decibelios (dB(A))</b>	+0,4	-0,5				
		<b>Energía acústica (%)</b>	+9%	-11%				

Fuente: Elaboración propia con datos DTPM (2025)

### c) Importancia del monitoreo continuo

El monitoreo permanente de estaciones del MMA, combinado con modelos estadísticos de flujo, velocidad y ruido, constituye una herramienta estratégica para la gestión ambiental del sistema. Permite seguir la evolución de los niveles de ruido urbano, evaluar el impacto de la transición tecnológica y avanzar hacia una toma de decisiones sustentada en datos.

Los resultados obtenidos confirman que la electromovilidad es un instrumento eficaz para mitigar la contaminación acústica, contribuyendo a una ciudad más silenciosa, saludable y resiliente. A medida que crezca la participación de buses eléctricos en la flota, se espera que los niveles de ruido continúen disminuyendo, reforzando la importancia de avanzar hacia un transporte público más eficiente y amigable con la ciudadanía.



### 5. Calidad del aire a nivel de eje

Complementariamente al cálculo de inventarios, en 2025 el DTPM, con apoyo del Centro de Movilidad Sostenible, realizó campañas de medición directa en tres ejes estructurales de sistema RED Movilidad: Alameda, Gran Avenida José Miguel Carrera y Diego Portales. Estas campañas buscaron evaluar el impacto del recambio tecnológico sobre las concentraciones de material particulado fino (MP<sub>2.5</sub>) asociadas al tránsito vehicular, especialmente en zonas donde se incorporaron buses eléctricos en fechas determinadas.

Las mediciones se realizaron considerando un periodo de al menos tres semanas previas y tres semanas posteriores al recambio, instalando equipos en intersecciones estratégicas para capturar adecuadamente la transformación del "antes y después". En el caso de Alameda, la comparación se realizó entre mediciones efectuadas en 2024 y registros continuos levantados durante 2025, conformando dos series comparables pese a haberse desarrollado en periodos distintos.

A diferencia del ruido urbano, que responde de manera local e inmediata a los cambios en la flota, el MP<sub>2.5</sub> presenta una mayor complejidad de atribución causal en corredores urbanos abiertos. Ello se explica por su carácter regional y multifuente, la coexistencia de flota eléctrica y no eléctrica, la influencia de condiciones meteorológicas, la resuspensión de polvo asociada al tránsito mixto y la presencia de fuentes emisoras ajenas al transporte público. En este contexto, el análisis comparativo permite identificar tendencias coherentes con los recambios tecnológicos, pero no siempre permite atribuir de manera directa las variaciones observadas a la electrificación del transporte público.

Desde una perspectiva metodológica, es necesario considerar que, en corredores urbanos abiertos con electrificación parcial, el MP<sub>2.5</sub> no constituye un indicador adecuado para evaluar causalmente el impacto local del recambio tecnológico, debido a la dominancia del fondo urbano regional y de fuentes no controladas por la intervención. En estos casos, las variaciones observadas deben interpretarse como expresiones del contexto urbano general, más que como efectos directos de la electromovilidad, lo que refuerza la necesidad de complementar este análisis con otras variables que permitan evaluar, con mayor precisión, el impacto de los cambios observados sobre las personas que circulan en los corredores urbanos.

#### a) Resultados por eje:

En el eje **Alameda**, las mediciones muestran un aumento de 1,69 (µg/m<sup>3</sup>) de MP<sub>2.5</sub> entre 2024 y 2025, equivalente a 20%. Este comportamiento es consistente con la complejidad del eje, caracterizado por una alta carga de tránsito privado, múltiples fuentes emisoras y condiciones de ventilación variables, lo que dificulta la atribución de cambios puntuales al recambio tecnológico del transporte público.

En **Gran Avenida**, donde el recambio de flota, principalmente de los servicios 301, se efectuó el 18 de octubre de 2025, se registró un aumento de 2,7 (µg/m<sup>3</sup>) de MP<sub>2.5</sub> entre el periodo previo y posterior al cambio.

En contraste, el eje **Diego Portales** constituye un caso demostrativo en términos de atribución causal. En este corredor se concretó un recambio tecnológico del 100% de buses diésel a eléctricos, eliminando la principal fuente local de emisiones primarias. En este contexto, las concentraciones disminuyeron desde 11,67 µg/m<sup>3</sup> en el periodo previo a 8,02 µg/m<sup>3</sup> tras la incorporación de la nueva flota, lo que representa una reducción absoluta de 3,65 µg/m<sup>3</sup> y una disminución relativa del 31,2%.

Tabla 15: Resultados campaña de monitoreo de calidad del aire ejes Alameda, Gran Avenida y Diego Portales, antes y después del recambio de buses diésel a eléctricos, (MP Promedio (µg/m<sup>3</sup>))

Sitio de monitoreo	Indicador	Contaminante	Valor antes	Valor después	Diferencias	Variación %
Eje Alameda	MP Promedio (µg/m <sup>3</sup> )	MP <sub>10</sub>	16,22	46,89	30,67	189,09%
		MP <sub>2,5</sub>	8,24	9,93	1,69	20,51%
Eje Diego Portales	MP Promedio (µg/m <sup>3</sup> )	MP <sub>10</sub>	29,43	20,29	-9,14	-31,06%
		MP <sub>2,5</sub>	11,67	8,02	-3,65	-31,28%
Eje Gran Avenida	MP Promedio (µg/m <sup>3</sup> )	MP <sub>10</sub>	23,18	29,64	6,46	27,87%
		MP <sub>2,5</sub>	9,02	11,75	2,73	30,27%

Fuente: Mediciones del Centro de Movilidad Sostenible, 2025

Estos resultados permiten establecer que la atribución causal de reducciones de MP<sub>2.5</sub> al recambio tecnológico es metodológicamente válida principalmente bajo ciertas condiciones, entre las que destacan:

- electrificación total o cercana al 100% de la flota,
- eliminación efectiva de fuentes diésel locales,
- entornos confinados o semi-confinados,
- períodos ex ante / ex post claramente delimitados, y
- series de medición suficientemente extensas.

Bajo estas condiciones, la eliminación de la fuente emisora dominante permite observar reducciones claras y atribuibles del material particulado fino asociadas a la electrificación del transporte público.

En conjunto, las mediciones a nivel de eje muestran que, si bien la calidad del aire en corredores urbanos está influida por múltiples factores, la electrificación

del transporte público genera mejoras verificables en aquellos contextos donde el recambio tecnológico es profundo y bien delimitado (como en el eje Diego Portales). En los demás casos, las variaciones observadas no deben interpretarse como un efecto adverso de la electromovilidad, sino como la expresión del fondo urbano regional y de fuentes no controladas por la intervención.

Este análisis refuerza la necesidad de interpretar el PM<sub>2.5</sub> como un indicador complementario y contextual, adecuado para evaluaciones estructurales de largo plazo, y de priorizar su uso en entornos donde se cumplan condiciones mínimas de validez para la atribución causal.



## ➔ 6. Electroterminales: nodos ambientales para el bienestar urbano

Los electroterminales se han consolidado como un espacio donde la sostenibilidad se expresa en múltiples dimensiones. Más allá de su función operativa, estos lugares contribuyen a la reducción de ruido, la mejora de la calidad del aire y el bienestar de las comunidades que conviven cotidianamente con ellos.

Con el fin de comprender estos efectos, el DTPM realizó durante 2025 una serie de estudios en cinco electroterminales: Diego Portales, BCE1, BGC-E, Catemito y Ducaud, evaluando de manera integrada tres dimensiones:

- niveles de ruido,
- calidad del aire,
- percepción de comunidades vecinas y trabajadores.

Las mediciones se efectuaron entre octubre y diciembre de 2025, dependiendo del terminal, y siguiendo un diseño metodológico común.

Este enfoque integral permite analizar cómo la electrificación del transporte público transforma las condiciones ambientales y sociales en torno a los terminales, y si estos cambios se expresan de manera consistente con el aumento de la flota eléctrica en cada recinto.

### a) Terminal Diego Portales: un caso demostrativo del impacto integral de la electrificación

La transformación del terminal Diego Portales, ubicado en la comuna de La Florida, constituye el ejemplo más completo para evaluar el impacto de la electrificación en un entorno urbano. El 18 octubre de 2025, el recinto pasó de operar enteramente con buses diésel a una operación 100% eléctrica, tras la incorporación de 95 buses y el cambio de operador (de Vule a Voy Santiago US15), siendo el primer terminal de la comuna en electrificarse. Este hito permitió medir en condiciones reales cómo varían el ruido, la calidad del aire (MP<sub>2.5</sub>) y la percepción de la comunidad vecina cuando un terminal elimina por completo las emisiones locales asociadas a la combustión.

Los resultados muestran mejoras consistentes en las tres dimensiones:

**Niveles de Ruido.** Las mediciones realizadas antes y después del recambio evidencian una disminución sustantiva del ruido, tanto dentro como fuera del terminal. En el interior, los niveles se redujeron entre -3,98 dB(A) durante el día y -0,47 dB(A) en horario nocturno, lo que equivale a una reducción de 60% y 10% de la energía acústica, respectivamente.

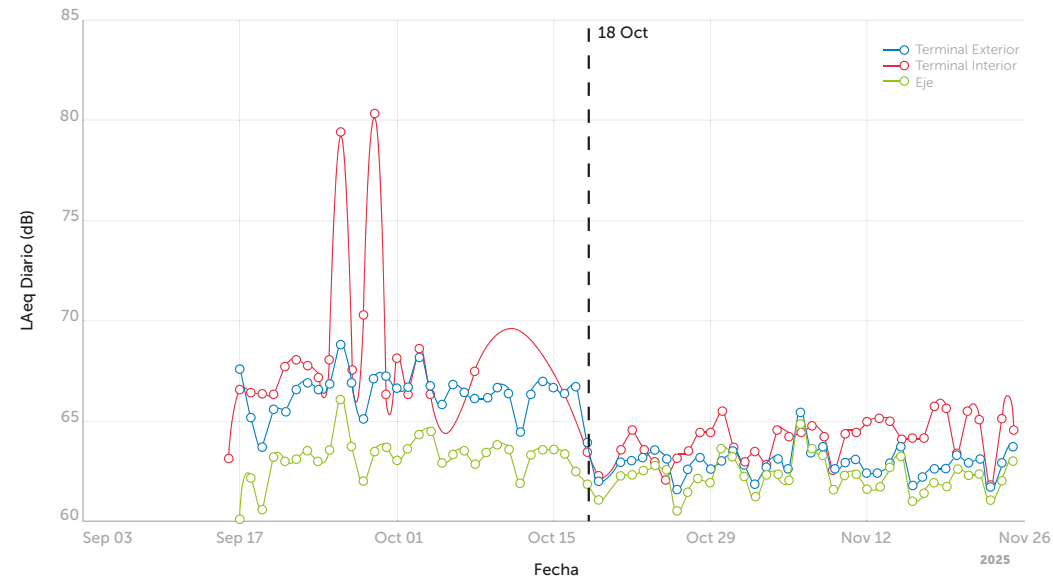
En el entorno exterior, el comportamiento del ruido confirma la tendencia observada al interior. Durante el día, los niveles disminuyen -2,62 dB(A), una variación perceptible para los residentes que conviven con el terminal. En horario nocturno, la variación se acentúa registrando -3,3 dB(A)), equivalente a 53% menos de energía. En conjunto, el terminal muestra una mejora estructural en su huella acústica, coherente con la sustitución de la flota diésel por vehículos eléctricos.

Tabla 16: Resultados de campaña de monitoreo de ruido Terminal Diego Portales, antes y después del recambio de buses diésel a eléctricos, (LAeq (dB))

Sitio de monitoreo	Condición	Valor antes	Valor después	Variación (LAeq dB)	Energía acústica
Terminal Diego Portales Punto 1 (Exterior)	Total	63,26	60,41	-2,85	48%
	Día	65,15	62,53	-2,62	45%
	Noche	59,48	56,18	-3,3	53%
Terminal Diego Portales Punto 2 (Interior)	Total	62,91	60,08	-2,83	48%
	Día	64,68	60,7	-3,98	60%
	Noche	59,32	58,85	-0,47	10%

Fuente: Mediciones del Centro de Movilidad Sostenible (2025)

Gráfico 16: Variación LAeq (dB) en Terminal DP – Ex ante / Ex post



Fuente: Mediciones del Centro de Movilidad Sostenible (2025)

**Calidad del Aire (MP<sub>2,5</sub>).** Las concentraciones de material particulado fino (MP<sub>2,5</sub>) en el entorno exterior del terminal disminuyeron significativamente tras la electrificación: desde 12,13 µg/m<sup>3</sup> en el periodo previo a 7,80 µg/m<sup>3</sup>, lo que equivale a una reducción absoluta de 4,33 µg/m<sup>3</sup> del promedio del día y una disminución relativa del 35,7%.

Al interior del terminal, el comportamiento es coherente con el análisis exterior. Las concentraciones bajaron desde 14,45 µg/m<sup>3</sup> a 8,06 µg/m<sup>3</sup>, lo que representa también una reducción de 6,39 µg/m<sup>3</sup> del promedio del

día y una disminución relativa del 44% respecto de la operación diésel previa.

Estos resultados indican una mejora sustantiva en la calidad del aire tanto dentro como fuera del recinto, consistente con la sustitución total de buses diésel por flota eléctrica.

Tabla 17: Resultados campaña de monitoreo de calidad del aire Terminal Diego Portales, antes y después del recambio de buses diésel a eléctricos, (MP Promedio (µg/m<sup>3</sup>))

Sitio de monitoreo	Indicador	Contaminante	Valor antes	Valor después	Diferencias	Variación %
Eje Alameda	MP Promedio (µg/m <sup>3</sup> )	MP <sub>10</sub>	16,22	46,89	30,67	189,09%
		MP <sub>2,5</sub>	8,24	9,93	1,69	20,51%
Eje Diego Portales	MP Promedio (µg/m <sup>3</sup> )	MP <sub>10</sub>	29,43	20,29	-9,14	-31,06%
		MP <sub>2,5</sub>	11,67	8,02	-3,65	-31,28%
Eje Gran Avenida	MP Promedio (µg/m <sup>3</sup> )	MP <sub>10</sub>	23,18	29,64	6,46	27,87%
		MP <sub>2,5</sub>	9,02	11,75	2,73	30,27%

Fuente: Mediciones del Centro de Movilidad Sostenible (2025)

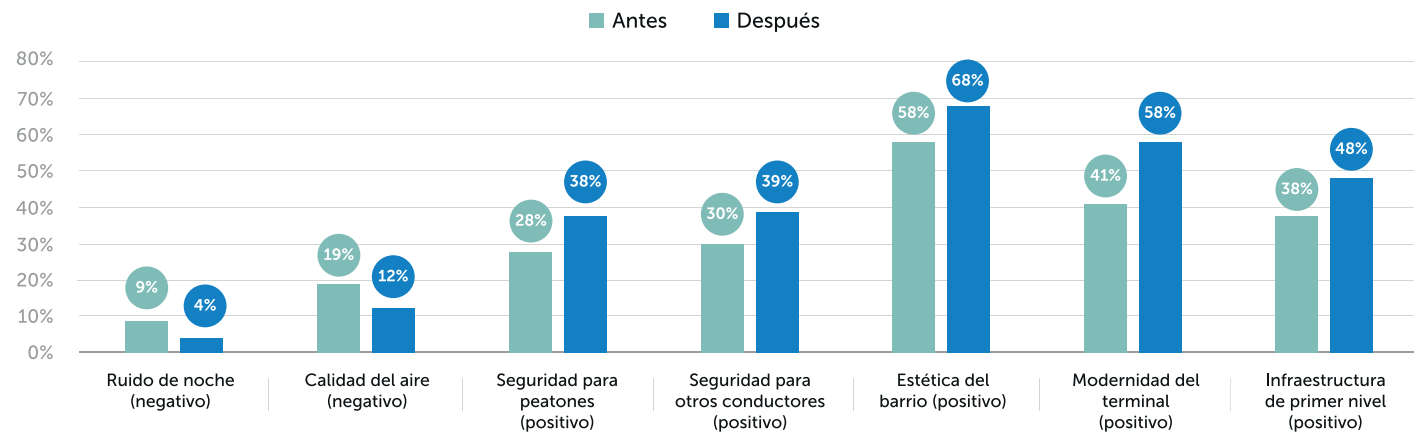
**Perspectiva de la comunidad vecina.** El levantamiento aplicado a 500 residentes antes y después de la electrificación muestra que la comunidad percibe de manera consistente los beneficios ambientales y urbanos del recambio tecnológico. Se observa una disminución significativa en la opinión negativa respecto al terminal que cae de 7% a 2%, junto con menores niveles de percepción de contaminación (de 19% a 12%) y una reducción de la molestia asociada al ruido nocturno (de 9% a 4%).

Paralelamente, aumenta la familiaridad con los buses eléctricos y crece el reconocimiento de su aporte al barrio. Los vecinos destacan mejoras en la estética, modernidad e infraestructura del recinto, así como una mayor valoración del entorno urbano: la proporción de residentes que percibe una contribución positiva al desarrollo del barrio aumenta de 82% a 87%, mientras que la percepción de aporte a la valorización de las propiedades crece de 74% a 82%.

La seguridad del entorno es otro ámbito donde la electrificación genera efectos favorables. Tras el recambio, la percepción positiva de seguridad para conductores aumenta de 30% a 39%, la seguridad para peatones crece de 28% a 38% y la vigilancia del barrio mejora de 20% a 26%. Estos cambios reflejan una experiencia cotidiana más tranquila, con menor ruido incidental y un ambiente más ordenado en el espacio público.

En términos ambientales, los residentes identifican menos ruido diurno y nocturno, mejor calidad del aire y mayor orden en el entorno, en plena coherencia con las mediciones objetivas de ruido y material particulado obtenidas en el eje. En conjunto, los resultados muestran que la electrificación del terminal no solo mejora las condiciones ambientales, sino que también fortalece la integración del recinto con su comunidad, consolidando su rol como un nodo urbano más amigable, seguro y valorado.

Gráfico 17: Percepción de la comunidad vecina – Terminal Diego Portales (antes vs después)



Fuente: Elaboración propia con datos DTPM (2025).

### b) Percepción de trabajadores: evidencia desde BCE1 y BGC-E

El análisis de la dimensión social incluye también a quienes operan y mantienen diariamente el sistema. Durante octubre de 2025, el DTPM levantó una encuesta a 200 trabajadores de los terminales BCE1 (diésel) y BGC-E (eléctrico), ambos de la empresa Vule en la comuna de Maipú, con el fin de comprender cómo la electrificación transforma sus condiciones laborales, sus percepciones y sus expectativas respecto al trabajo futuro. El terminal BGC-E fue uno de los primeros terminales del sistema en electrificarse, en el año 2019.

Los resultados muestran que la transición tecnológica ya forma parte de la experiencia cotidiana del personal. Nueve de cada diez trabajadores declara haber tenido algún grado de contacto u operación con buses eléctricos, lo que refleja una cultura técnica que se ha ido ampliando y normalizando en la operación diaria.

En cuanto a las **condiciones laborales**, la percepción general es favorable: el 75% considera su terminal un lugar cómodo para trabajar, y aunque un 25% declara niveles altos de agotamiento o estrés, la mayoría indica que estas sensaciones no han aumentado con la llegada de los buses eléctricos. La estabilidad de estos indicadores sugiere que la electrificación no ha generado sobrecarga adicional en la dinámica de trabajo, incluso en terminales con operación eléctrica consolidada como BGC-E.

El **impacto atribuido a la electromovilidad** es ampliamente positivo. Un 89% valora el cambio desde la operación diésel a la eléctrica, destacando mejoras en la suavidad de manejo, reducción de vibraciones, menor ruido percibido y una operación más limpia y cómoda. En términos ambientales, entre un 20% y un

30% de los trabajadores señala sentirse expuesto a ruido, vibraciones o emisiones; sin embargo, al comparar periodos, la mayoría reconoce una disminución de estas molestias desde la incorporación de buses eléctricos, especialmente en lo referido al ruido y olores asociados al diésel.

En materia del **fortalecimiento de capacidades**, si bien un 78% declara haber recibido formación para operar en un entorno eléctrico, un 31% considera que la capacitación aún es insuficiente, identificando necesidades en profundización mecánica y acceso a instructores especializados. Estos resultados evidencian la importancia de fortalecer programas de formación continua, esenciales para un sistema que avanza hacia una operación cada vez más electrificada y tecnológicamente exigente.

Respecto al **bienestar**, un 64% reporta algún malestar físico en el último mes, principalmente dolores de cabeza o garganta, aunque sin diferencias significativas entre terminales ni asociación directa con la electromovilidad. Esto sugiere que dichos malestares responden más bien a factores inherentes a la operación general de los terminales.

Finalmente, las **expectativas de futuro** constituyen uno de los indicadores más ilustrativos del proceso de transformación: el 91% de los trabajadores cree que su trabajo mejorará gracias a la electromovilidad. Este nivel de optimismo revela un sentido de oportunidad y de modernización percibida, que posiciona la transición tecnológica no sólo como un avance ambiental, sino también como una mejora concreta en las condiciones laborales y en la experiencia de quienes sostienen diariamente la operación del sistema.

### c) Terminales diésel vs eléctrico: comparación entre operaciones de similar escala

En los terminales Catemito (diésel) y Ducaud (eléctrico) ubicados en la comuna de San Bernardo corresponden a instalaciones de tamaño y operación comparable con cerca de 100 buses y una superficie de 20.000 metros cuadrados cada uno. El análisis tuvo por objetivo contrastar los impactos ambientales y percepción de trabajadores y la comunidad vecina entre instalaciones con distinta composición tecnológica, mediante mediciones instrumentales continuas realizadas entre el 21 de noviembre y el 20 de diciembre de 2025, tanto al interior y exterior de los establecimientos y encuestas estructuradas a trabajadores y vecinos<sup>30</sup>. A la fecha de publicación de este informe los datos finales de concentraciones de emisiones no se encontraban disponibles.

En el terminal Catemito con operación 100% diésel, las mediciones, muestran que los niveles promedio de presión sonora equivalente (Leq) e 61,6 dB(A) en el punto interior y 60,4 dB(A) en el punto exterior; con valores que se encuentran por debajo del límite de norma ocupacional de 85 dB(A) definido por el D.S. N°594/1999 para una jornada de 8 horas.

En el terminal Ducaud, tras su transición completa a electromovilidad el 22 de noviembre de 2025, se observan reducciones relevantes en los niveles de ruido, con valores promedio de 54,3 dB(A) en el interior y 54,6 dB(A) en el exterior, lo que representa diferencias de -7,3 dB(A) y -5,8 dB(A) respecto de Catemito. En términos de energía acústica, estas diferencias equivalen a una reducción aproximada de 81% en el interior (5,4 veces menor) y de 74% en el exterior (3,8 veces menor), lo que se traduce en un entorno perceptiblemente más silencioso.

Tabla 18: Comparación ambiental terminales Catemito (Diésel) y Ducaud (Eléctrico), 2025

Indicador	Catemito (Diésel)	Ducaud (Eléctrico)	Diferencias respecto a Ducaud
Ruido. Leq Interior promedio	61,6 dB(A)	54,3 dB(A)	-7,3 dB(A)
Ruido. Leq Exterior promedio	60,4 dB(A)	54,6 dB(A)	-5,8 dB(A)
<b>Percepción Comunidad</b>			
Evaluación del ambiente acústico del barrio: "muy poco ruido o nada" + "ruido normal"	56%	62%	+6%
Evaluación del ambiente acústico del barrio: "mucho ruido"	23%	7%	-16%
Percepción de olores tipo humo/-gases/combustión: "nunca"	68%	87%	+19%

Fuente: Proyecto CLETS – Evaluación de Impacto de Terminales Diesel y Eléctrico.

**Percepción comunidad y el personal.** La evaluación de percepción comunitaria, basada en encuestas a viviendas colindantes a los terminales Catemito (diésel) y Ducaud (eléctrico), muestra diferencias claras a favor de la operación eléctrica. En Ducaud, una mayor proporción de hogares califica el ambiente acústico del barrio como de “poco o nada de ruido” o “ruido normal” (62%), y se reduce significativamente la fracción que percibe “mucho ruido” (7%), en comparación con Catemito (56% y 23%, respectivamente). Esta diferencia de 16 puntos porcentuales en la categoría de menor molestia frente al terminal diésel constituye un hallazgo social robusto, alineado con las menores emisiones sonoras medidas instrumentalmente.

En calidad del aire percibida, los resultados también favorecen al terminal eléctrico. El 87% de las viviendas cercanas a Ducaud declara no percibir nunca olores asociados a humo, gases o combustión, frente al 68% en Catemito.

Desde la perspectiva de las y los trabajadores, la transición a la electromovilidad se asocia a mejoras en las condiciones de trabajo y bienestar. Conductoras y conductores reportan menores niveles de ruido y vibración, así como un ambiente operativo más confortable, mientras que el personal de patios y mantenimiento identifica una disminución de tareas asociadas a la combustión (aceites, filtros, residuos) y la incorporación de nuevas competencias vinculadas a sistemas eléctricos y digitales. Estos cambios refuerzan una percepción de mayor seguridad, limpieza y profesionalización del entorno laboral. La comparación entre Catemito y Ducaud confirma que la presencia de una mayor proporción de flota eléctrica genera beneficios acumulativos en materia ambiental y la percepción social. Este análisis, ofrece un marco útil para replicar la experiencia en otras regiones del país que avanzan en la incorporación de la electromovilidad, facilitando decisiones de inversión y planificación basadas en evidencia.



➔ 7. Impactos en salud pública: aire más limpio y bienestar

El vínculo entre la calidad del aire y la salud pública es central en la evaluación de los beneficios de la electromovilidad. La reducción sostenida de contaminantes atmosféricos locales, en particular del material particulado fino (MP<sub>2,5</sub>), se asocia a una menor incidencia de enfermedades respiratorias y cardiovasculares, con efectos especialmente relevantes en población infantil, personas mayores y grupos con enfermedades crónicas.

En el Sistema RED Movilidad, la sustitución progresiva de buses diésel por buses eléctricos ha contribuido a disminuir las emisiones directas e indirectas de MP<sub>2,5</sub> en la Región Metropolitana, complementando otras políticas de descontaminación y control de emisiones como la incorporación adelantada de buses con estándar de emisiones Euro VI. Esta contribución resulta particularmente significativa en un territorio donde la exposición crónica a material particulado fino ha sido históricamente uno de los principales factores de riesgo ambiental para la salud.

**a) Estimación sanitaria del impacto de la reducción de MP<sub>2,5</sub>**

Para estimar los beneficios en salud asociados a la mejora de la calidad del aire, el Departamento de Salud Ambiental del Ministerio de Salud realizó un análisis de escenarios utilizando la herramienta AirQ+ de la Organización Mundial de la Salud (OMS), desarrollada por el Centro Europeo de Medio Ambiente y Salud<sup>31</sup>. Esta metodología permite estimar impactos sanitarios, para este caso mortalidad por todas las causas en población mayor de 30 años a partir de variaciones en las concentraciones promedio anuales de MP<sub>2,5</sub> y de la población expuesta.

El análisis consideró tres escenarios representativos del proceso de transición del transporte público en la Región Metropolitana: 2015, 2022 y 2025. Para 2025 se utilizó la concentración promedio anual de MP<sub>2,5</sub> estimada hasta el 10 de diciembre, manteniendo la tasa de incidencia de mortalidad de 2022(\*). Adicionalmente, se incorporó un supuesto de atribución del 3,7% del impacto sanitario total del transporte público en MP<sub>2,5</sub>, de acuerdo con estimaciones sectoriales sobre la contribución del Sistema a este contaminante.

Tabla 19: Impacto estimado de la reducción de MP<sub>2,5</sub> en mortalidad (Región Metropolitana)

Año	Incidencia por 100.000 hab.	Población RM	Concentración promedio MP <sub>2,5</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	Casos atribuibles Mortalidad todas las causas mayores 30 años
2015	550	7.314.176	31,7	7.472
2022	610	8.310.984	23,7	6.785
2025*	610*	8.470.000	22,7	6.601

Fuente: Ministerio de Salud, Departamento de Salud Ambiental (2025)

Los resultados muestran una reducción de 687 muertes evitadas al contrastar 2015 con 2022, asociadas a la disminución de las concentraciones promedio de MP<sub>2,5</sub>, de este total se estima que 25 muertes evitadas son atribuibles específicamente a la electrificación del transporte público. Al evaluar entre 2022 y 2025 se estiman 184 muertes adicionales evitadas, siendo 7 las atribuibles específicamente a la electrificación del transporte público. Si bien estas cifras representan una fracción del impacto sanitario total, resultan relevantes al tratarse de una política sectorial específica, con efectos directos en corredores urbanos de alta exposición poblacional y beneficios acumulativos en el tiempo.

## b) Coherencia con la evidencia científica nacional

Los resultados observados en el Sistema RED Movilidad son coherentes con la evidencia científica reciente sobre la evolución de la calidad del aire en Chile. Un estudio publicado en la revista *Atmosphere*, elaborado a partir del análisis de más de 180 millones de registros horarios del Sistema Nacional de Información de Calidad del Aire (SINCA) para el período 1993–2024, confirma una mejora sostenida y estadísticamente significativa en los principales contaminantes atmosféricos a nivel nacional, y particularmente en la Región Metropolitana (Basoa et al., 2025)<sup>32</sup>.

El estudio muestra reducciones de las concentraciones de MP<sub>2,5</sub> en Chile, con descensos del orden de  $-2$  a  $-5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  por año en la mayoría de las estaciones, y una reducción acumulada cercana al 40% en Santiago respecto de los niveles observados a comienzos de la década del 2000. Del mismo modo, las concentraciones de NO<sub>x</sub> presentan tendencias negativas, con disminuciones de entre  $-4,8$  y  $-6,6$  ppbv por año, contaminante asociado a las emisiones provenientes del sector transporte.

El estudio identifica que las mejoras en la calidad del aire no responden a una única medida, sino a un paquete de políticas públicas sostenidas, entre las cuales destacan: la modernización del transporte público hacia la electromovilidad, la introducción progresiva de estándares de emisión más exigentes (Euro VI), la reducción de flotas diésel más antiguas, y el fortalecimiento de los Planes de Prevención y Descontaminación Atmosférica (PPDA).

La reducción de contaminantes se observa con mayor claridad en áreas metropolitanas densamente pobladas, lo que implica una disminución de la exposición crónica de la población, con beneficios sanitarios esperados tanto en el corto como en el largo plazo, particularmente en enfermedades respiratorias y cardiovasculares. El estudio concluye que los avances logrados confirman la efectividad de las políticas implementadas, pero también subraya la necesidad de mantener y profundizar las medidas estructurales, especialmente en el sector transporte, para consolidar las mejoras observadas y enfrentar desafíos persistentes como el ozono troposférico.

En una línea complementaria, un estudio actualmente en desarrollo por Felipe González y Hugo Silva, académicos de King's College London y Pontificia Universidad Católica de Chile, respectivamente, analiza el impacto directo que tiene la contaminación de los autobuses diésel en salud respiratoria y evalúa si la transición hacia la electromovilidad funciona como una política de salud pública. Los investigadores utilizan un enfoque innovador que cruza datos de tráfico con registros hospitalarios, observando qué sucedía cuando se reemplazaban

gradualmente los buses antiguos por eléctricos en un radio de 500 metros alrededor de los centros de salud.

Los resultados preliminares refuerzan de manera consistente la evidencia presentada en este informe. La electrificación total de la flota que circula cerca de un hospital prácticamente elimina las atenciones médicas de urgencia provocadas por las emisiones del transporte. El impacto es especialmente notable en la población infantil, evitando cada mes aproximadamente 16 admisiones de urgencia por problemas respiratorios en niños de 5 a 14 años, y 4 admisiones en niños de 1 a 4 años.

## c) Salud, bienestar y política pública integrada

Desde una perspectiva de salud pública, la electromovilidad en el Sistema RED Movilidad no solo constituye una medida de mitigación ambiental, sino también una intervención preventiva, al reducir factores de riesgo asociados a enfermedades respiratorias y cardiovasculares. La disminución del ruido, la mejora en la calidad del aire y la modernización del entorno urbano refuerzan además dimensiones de bienestar y calidad de vida de las personas usuarias y de quienes habitan en los entornos de operación del sistema.

De este modo, los avances en electromovilidad se consolidan como parte de un enfoque integrado de políticas públicas, donde transporte, energía, medio ambiente y salud convergen para generar beneficios tangibles para la población y fortalecer el carácter del transporte público como infraestructura esencial para un desarrollo urbano más saludable y sostenible.

## 8. Economía circular y segundo uso de baterías

### a) Gestión y valorización de residuos

El avance de la electromovilidad también ha impulsado nuevas oportunidades en materia de economía circular. La gestión de residuos, la valorización de componentes y el desarrollo de estrategias para el segundo uso de baterías constituyen pilares fundamentales para reducir impactos ambientales y fomentar una cadena productiva más sostenible dentro del Sistema RED Movilidad.

Durante 2025, en colaboración con la División de Información Ambiental y la Oficina de Economía Circular del Ministerio del Medio Ambiente, el DTPM analizó las cifras de gestión de residuos de 2023 y 2024, con el fin de evaluar el desempeño de las empresas concesionarias y su avance en cumplimiento normativo.

Este trabajo incluyó además la generación de capacidades en el registro correcto de los residuos en el Sistema de Ventanilla Única del Registros de Emisiones y Transferencias de Contaminantes (RETC) y su vinculación con la Ley de Responsabilidad Extendida del Productora (Ley REP) a fin de mejorar la trazabilidad de los datos y poner en valor las prácticas de gestión ambiental que realizan las empresas concesionarias. En este contexto, 18 profesionales encargados de la gestión de residuos participaron en dos sesiones de capacitación sectorial los días 22 de octubre y 7 noviembre del 2025.

Ilustración 8: Capacitación en gestión de residuos a concesionarios del Sistema RED Movilidad, 2025



En 2024, los terminales y talleres del Sistema RED gestionaron 13.899,8 toneladas de residuos, correspondientes a 76 fuentes operativas. Este volumen representa un incremento de 11,1% respecto a 2023, año en que se registraron 12.515,7 toneladas, aumento que se explica por una mejor consistencia en el registro de residuos reportados y por una mayor cobertura en kilómetros totales recorridos por las empresas concesionarias, atendidas las exigencias de las normativas sectoriales y la Ley REP.

La composición de los residuos evidencia que una parte importante proviene de residuos industriales, peligrosos asociados principalmente a riles del sistema de lavado, aceites y lubricantes, baterías de ácido-plomo y piezas partes contaminadas con hidrocarburos, los cuales concentraron 50,7% del total en 2024. En paralelo, los residuos industriales no peligrosos aumentaron su participación relativa, alcanzando 49,3% del total en 2024, con un crecimiento significativo en residuos vinculados a la operación cotidiana de terminales, como residuos sólidos domiciliarios sin separar y residuos voluminosos.

Entre 2023 y 2024, se observa el aumento en la generación de metales y residuos voluminosos, coherente con mayores actividades de mantenimiento y renovación de flota, así como una disminución en la disposición de neumáticos fuera de uso, como, asimismo, se registra un incremento de baterías de ácido-plomo y residuos electrónicos.

Respecto de la gestión de residuos, durante 2024 las empresas concesionarias del Sistema RED Movilidad gestionaron la totalidad de los residuos generados, de los cuales 78,8% se destinó a eliminación y 21,2% a valorización.

La elevada proporción de residuos destinados a eliminación refleja la naturaleza operativa del sistema, así como la presencia de flujos con limitadas alternativas técnicas de valorización, en particular residuos peligrosos. Estos son tratados mediante procesos controlados, tales como biorremediación y valorización energética, mientras que aquellos que no cuentan con alternativas viables son dispuestos en rellenos de seguridad, en cumplimiento de la normativa ambiental vigente. No obstante, se identifican oportunidades para fortalecer la segregación en origen, especialmente en residuos domiciliarios provenientes de la limpieza de buses al término de sus recorridos, lo que permitiría aumentar su potencial de valorización.

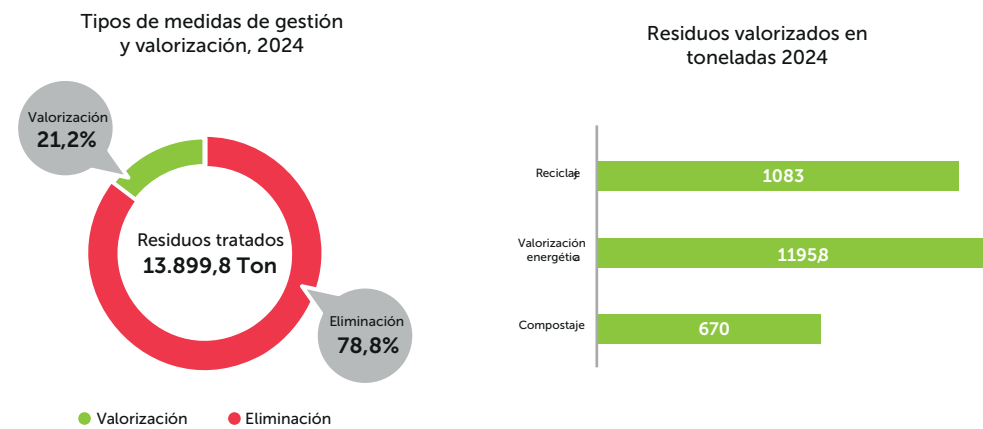
La valorización de residuos se concentró principalmente en aquellos no peligrosos, predominando la valorización energética (1.195,8 toneladas), seguida por compostaje (670,0 toneladas) y reciclaje (1.083 toneladas), evitando la disposición final de una fracción relevante de los residuos generados en terminales y talleres. Una parte significativa de estos corresponde a residuos priorizados por la Ley REP, como los neumáticos fuera de uso.

Tabla 20: Tipo de Residuos generados por las empresas concesionarias del Sistema RED Movilidad, 2023-2024

Clasificación de residuos	Tipo de residuos	2023		2024		Variación 2023-2024
		Toneladas	%	Toneladas	%	
Industriales no peligrosos	Neumáticos fuera de uso	441,8	3,5	327,7	2,6	-26%
	Metales	195	1,6	485,2	3,9	149%
	Vidrio	44,6	0,4	9	0,1	-80%
	Sólidos domiciliarios sin separar	3.844,7	30,7	4.546,7	36,3	18%
	Riles aguas servidas	1.346,8	10,8	1.199	9,6	-11%
	Residuos voluminosos	68,6	0,5	278,4	2,2	306%
	<b>Total Industriales No Peligrosos</b>		<b>5.941,4</b>	<b>47,5</b>	<b>6.846,0</b>	<b>49,3</b>
Industriales peligrosos	Aceites y lubricantes	822,4	6,6	828,6	6,6	1%
	Baterías ácido-plomo	522,1	4,2	622	5	19%
	Residuos electrónicos	6,6	0,1	2,5	0,02	-62%
	Tambores de aceite vacíos	1	0,05	2,4	0,02	145%
	Riles sistema lavado	4.881,2	39	5.249,8	41,9	8%
	Piezas y partes contaminadas con	339,6	2,7	347,3	2,8	2%
	Otros residuos contaminados con hidrocarburos (aserrines, paños, textiles, material de contención)	1,5	0,01	1,2	0,01	-18%
	<b>Total Industriales Peligrosos</b>		<b>6.574,3</b>	<b>52,5</b>	<b>7.053,8</b>	<b>50,7</b>
<b>Total Total Sistema RED</b>		<b>12.515,7</b>	<b>100</b>	<b>13.899,8</b>	<b>100</b>	<b>11%</b>

Fuente: Elaboración propia en base a información de Datos abiertos RETC

Gráfico 18: Porcentaje y tipos de residuos valorizados, 2024.



Fuente: Elaboración propia en base a información de Datos abiertos RETC

A medida que crece la incorporación de buses eléctricos, se proyecta una reducción progresiva en la generación de residuos asociados a combustión interna, como aceites, lubricantes y piezas contaminadas con hidrocarburos, lo que tendrá efectos positivos tanto en la carga ambiental de los terminales como en los costos de gestión de residuos. Este cambio estructural permitirá fortalecer los indicadores de circularidad del Sistema RED, y facilitará la integración de nuevos ciclos de reutilización y reparación

alineados con la Ley REP y los estándares ambientales del país.

El seguimiento conjunto entre el DTPM y los concesionarios permitirá evaluar de forma continua estos avances y generar nuevas oportunidades para mejorar la sostenibilidad operacional del transporte público en Santiago.

### b) Oportunidades de segundo uso de las baterías eléctricas

Durante 2025, el DTPM impulsó dos iniciativas destinadas a comprender y gestionar el ciclo de vida completo de las baterías de los buses eléctricos del Sistema RED Movilidad. Estas iniciativas abordan el uso, la degradación, el mantenimiento y las posibilidades de segundo uso, articulando evidencia técnica con las decisiones operacionales y de planificación energética.

#### (1) Estudio de degradación de baterías: evidencia empírica para una gestión más eficiente

En 2025, y en colaboración con el Proyecto ZEBRA y el International Council on Clean Transportation (ICCT), el DTPM desarrolló un estudio pionero orientado a cuantificar la degradación real de las baterías de los buses eléctricos en Santiago, con el fin de anticipar necesidades de reemplazo, estimando el Estado de Salud (State of Health, SOH) de las baterías mediante un método empírico y no invasivo, utilizando exclusivamente información de telemetría del sistema entre octubre y diciembre de 2024<sup>33</sup>. Para ello, se analizaron 4.487 eventos de recarga

de 50 buses eléctricos, procesando datos sobre energía cargada, variación del estado de carga (SOC), kilometraje y condiciones de operación. La metodología compara la energía real entregada durante la carga con la energía teórica que requeriría una batería nueva para producir la misma variación de SOC, lo que permite inferir el nivel de degradación sin necesidad de desmontar equipos ni realizar pruebas de laboratorio.

Los resultados preliminares muestran que los buses analizados disponen de un SOH superior al 82 %. Los buses más nuevos (2 a 4 años de operación) presentan valores promedio de SOH superiores al 93 %, mientras que las unidades del mismo fabricante con mayor edad y recorrido (4 a 6 años de operación) presentan valores promedio de SOH superiores al 86%.

De manera relevante, incluso los buses con más de 6 años y más de 325.000 km mantienen valores de SOH promedios superiores al 90%, lo que refuerza la evidencia sobre la durabilidad de las baterías en el contexto operacional del sistema. Otro hallazgo es que entre los buses de un mismo modelo se observa una correlación entre la degradación de la batería y el kilometraje. Este patrón sugiere que, para fines de planificación, el kilometraje debe estar entre las métricas para proyectar reemplazos de baterías.



El método propuesto demostró ser confiable y replicable, con un intervalo de confianza promedio de  $\pm 1,4$  puntos porcentuales (IC 95%). Su principal fortaleza es que utiliza información que el sistema ya monitorea de manera rutinaria (telemetría), posibilitando la instalación de un programa permanente de vigilancia del estado de salud de las baterías a nivel de flota. Este mecanismo de seguimiento será fundamental para optimizar decisiones de mantenimiento, diseñar estrategias de segundo uso y anticipar la demanda de reemplazos de baterías y vehículos que requiere el Sistema.

## (2) Proyecto LiBR3: modelos de negocio para el segundo uso

En noviembre de 2025, el DTPM inició su participación en Proyecto LiBR3 (Lithium Battery Reuse, Recycling and Reduction), iniciativa financiada por la Corporación de Fomento de la Producción (CORFO) y liderada por CircularTEC, que busca desarrollar soluciones tecnológicas y modelos de negocio para la reutilización avanzada de baterías en sistemas de almacenamiento estacionario.

El proyecto, con una duración máxima de 4 años, apunta a diseñar un plan estratégico que incorpore elementos tecnológicos, regulatorios y económicos que faciliten la reutilización de baterías provenientes de buses y automóviles eléctricos. Sus objetivos incluyen el desarrollo de protocolos de evaluación del estado de salud (State of Health, SOH) de celdas y módulos, el reacondicionamiento estandarizado de packs, y la evaluación de la viabilidad técnica, económica y ambiental de su integración en sistemas de almacenamiento vinculados a energías renovables.

Para el DTPM, esta colaboración se traducirá en un pilotaje en un electroterminal del Sistema RED, donde se implementará una solución de almacenamiento estacionario híbrido compuesto por baterías nuevas y usadas, retiradas de buses eléctricos. Este pilotaje permitirá evaluar la capacidad de apoyar la operación en horarios con restricciones de potencia o tarifas elevadas, habilitando estrategias de gestión de carga más eficientes para los concesionarios y reduciendo costos asociados a la demanda punta.

El proyecto LiBR3 aborda un desafío sectorial más amplio: construir un modelo de negocio sostenible que permita gestionar el reemplazo, reacondicionamiento y comercialización de baterías de segunda vida en Chile. Esto incluye definir actores, responsabilidades, esquemas de financiamiento y estándares de seguridad, alineándose con la jerarquía de economía circular y los principios de la Ley de Responsabilidad Extendida del Productor (Ley REP).

La iniciativa cuenta con el patrocinio de Asociación Nacional de Automotriz de Chile (ANAC), Asociación Chilena de Energías Renovables y Almacenamiento (ACERA), Asociación de Clientes Eléctricos No Regulados (ACENOR), Generadoras de Chile, ATLAS Development Chile, Enel X y Phibrand, lo que refuerza su potencial de escalabilidad y adopción dentro del sector energético y de transporte.



## ➔ 9. Uso eficiente del agua: prácticas responsables en terminales

El uso eficiente del agua se ha posicionado como una dimensión estratégica de la sostenibilidad del Sistema RED Movilidad. Durante 2025, el DTPM fortaleció el levantamiento sistemático de información hídrica correspondiente a los años 2024 y 2025, con el fin de caracterizar la infraestructura disponible en terminales y talleres, cuantificar los consumos y promover medidas de gestión que permitan reducir el uso del recurso y potenciar su reutilización.

### a) Infraestructura de lavado y abastecimiento de agua

El sistema cuenta con una infraestructura diversa para las labores de lavado de buses, que incluye estaciones automatizadas, semiautomáticas y manuales, además de zonas de limpieza especializada. Considerando ambos años de análisis, se contabilizan 58 estaciones de lavado, predominando los sistemas automáticos y semiautomáticos, que concentran la mayor proporción de la infraestructura instalada (57%).

En términos de abastecimiento, los terminales utilizan principalmente la red sanitaria como fuente principal de agua, complementada, en algunos casos, por sistemas de reutilización asociados a procesos de recirculación de los sistemas de lavado.

Los sistemas de recirculación, presentes en una fracción creciente de terminales, permiten reutilizar parte del agua utilizada en los ciclos de lavado, lo que se traduce en una reducción significativa en el consumo por bus. En los terminales que declararon su uso, los operadores reportan ahorros promedios cercanos al 70%, según la tecnología implementada y la frecuencia de lavado.

### b) Patrón de consumo: ¿en qué se utiliza el agua en los terminales?

El lavado de buses constituye el principal uso del recurso hídrico en los terminales del sistema, concentrando 47,5% del consumo total tanto en 2024 como en 2025. Le siguen en importancia los consumos sanitarios asociados al personal (32,3%), los servicios asociados a zonas comunes como comedores o cocinas (12%) y el riego de áreas verdes (7%). Otros usos operacionales representan una fracción marginal del consumo (1,2%).

En términos agregados, el consumo total del sistema asciende a 369.378 m<sup>3</sup> anuales en 2024 y 307.054 m<sup>3</sup> en 2025, lo que representa una disminución aproximada de 17%, asociada a mejoras en la gestión operativa y a la incorporación progresiva de medidas de eficiencia hídrica.

### c) Gestión hídrica y medidas de eficiencia

El análisis de medidas declaradas por los operadores muestra que el Sistema RED ya cuenta con diversas prácticas orientadas a optimizar el uso del agua, las que se han ido consolidando entre 2024 y 2025. Entre las principales acciones implementadas se encuentran:

**1. Optimización del proceso de lavado.** Integración de sistemas de recirculación en equipos automatizados, ajustes en la frecuencia de lavado y calibración de boquillas y presión para disminuir el caudal, manteniendo los estándares de limpieza requeridos.

**2. Gestión operativa y mantenimiento.** Refuerzo del control de fugas, mantenimiento preventivo en bombas y tableros, y aumento del uso de medidores sectorizados que permiten identificar consumos anómalos, facilitando una administración del recurso.

**3. Infraestructura y soluciones de eficiencia.** Incorporación de tecnologías de bajo consumo en baños y zonas comunes y reutilización interna de aguas servidas tratadas para labores de riego.

**4. Capacitación y gestión del cambio.** Desarrollo de programas de capacitación para el personal, estandarización de procedimientos operativo y actualización de manuales internos, promoviendo una cultura de uso responsable del agua en las actividades del terminal.

### d) Tratamiento y descarga de aguas residuales

En términos de gestión de descargas, los concesionarios reportan que el 100% de sus aguas residuales se destinan a la red de alcantarillado sanitario. Adicionalmente, los sistemas de lavado automatizados incorporan procesos de tratamiento previo, tales como separadores de grasas, sistemas de decantación o procesos de filtrado, que permiten una descarga controlada de lodos, conforme a la normativa vigente.

El Sistema RED Movilidad ha avanzado de manera sostenida hacia una gestión hídrica más eficiente y responsable. La incorporación de buses eléctricos y la modernización de la infraestructura han impulsado mejoras concretas, marcando la transición desde un modelo heterogéneo hacia un sistema regulado, estandarizado y tecnológicamente más robusto.

Estos avances reflejan el compromiso creciente de los operadores con la sostenibilidad y consolidan una cultura de uso responsable del agua acorde con las exigencias de un transporte público moderno.

## B. Transformando la forma en que nos movemos

### ➔ 1. Expansión de servicios con enfoque participativo

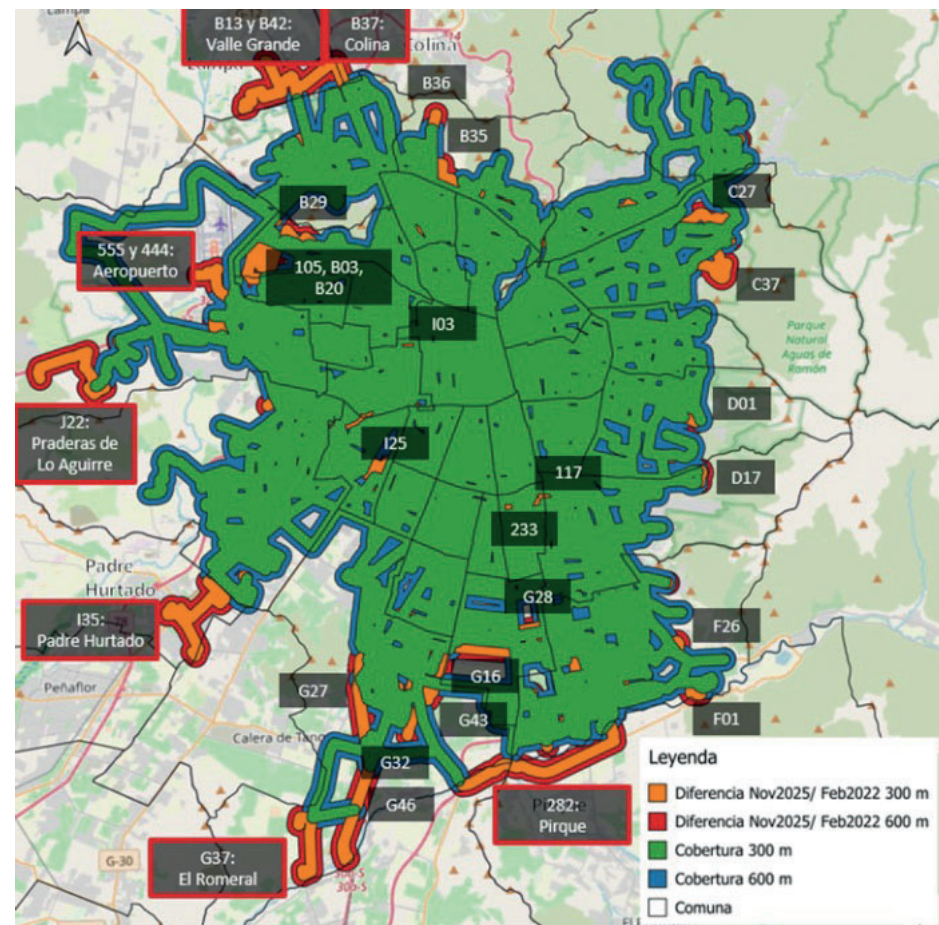
El fortalecimiento de la vinculación con las comunidades ha sido un eje central para consolidar un sistema de transporte público más sensible al territorio y a las realidades locales. Desde 2022, el programa Creando Redes, han permitido incorporar sistemáticamente la voz de las personas en la planificación del Sistema RED Movilidad, generando espacios de diálogo técnico-ciudadano que enriquecen el diagnóstico y la toma de decisiones.

A través de talleres territoriales, mesas y reuniones de trabajo y acompañamiento en terreno, este programa ha permitido levantar necesidades concretas, como ajustes de paradas, modificaciones de trazado, horarios de refuerzo y relocalización de puntos de regulación, que inciden directamente en la calidad del viaje y en la convivencia urbana con el sistema. Este enfoque ha permitido que la comunidad comprenda los criterios

técnicos de planificación, y que el DTPM recoja de primera fuente los impactos e implicancias locales de las medidas implementadas.

Durante 2025, este trabajo participativo se integró a un proceso de optimización operacional a escala de red, cuyo objetivo fue redistribuir la flota para asegurar un uso más eficiente de los buses, aumentar la oferta en servicios de alta demanda y ampliar la cobertura territorial hacia sectores con menor acceso. Esta optimización permitió crear y reforzar servicios clave en horas punta, como los nuevos 225c, C30e, C26c y 421c, mejorando la conectividad en zonas del suroriente, oriente y norte de la ciudad. Asimismo, se habilitaron nuevas conexiones directas entre barrios y polos de servicio, como Población Huamachuco–Hospital Félix Bulnes y El Mirador–Metro Cerrillos.

Ilustración 9: Mapa de cobertura y expansión de servicios del Sistema RED



Fuente: Elaboración propia con datos DTPM (2025).

El proceso también permitió avanzar en la cobertura hacia nuevos sectores urbanos mediante extensiones o creación de servicios en zonas como Av. Pdte. Pedro Alessandri (San Bernardo), Praderas de Lo Aguirre (Pudahuel), La Platina (La Pintana), General Gambino (Conchalí), Villa Portales (Estación Central) y Población Lo Sierra (Lo Espejo).

Destaca, además, la incorporación por primera vez de servicios regulares hacia áreas conurbadas de Pirque, conexión a Metro Plaza de Puente Alto y Estación de Tren Nos, y de Colina, mediante la vinculación entre el sector industrial Los Libertadores y la estación intermodal del mismo nombre. Junto con esto, se reforzó la accesibilidad en Puente Alto mediante los nuevos servicios F28 (Bajos de Mena) y 234 (Ejército Libertador).

En conjunto, estos cambios y los realizados en los últimos tres años, permitieron aumentar en más de 150.000 las personas con acceso a RED en menos de 5 minutos caminando (300 metros), cobertura que alcanza al 94% de los hogares de las 34 comunas del Gran Santiago. Este avance confirma el aporte del enfoque participativo en orientar la planificación hacia soluciones más pertinentes

territorialmente, al tiempo que consolida una red más integrada, eficiente y equitativa.

*“El sistema de transporte público urbano alcanza un 77% de transacciones en modos de propulsión eléctrica a diciembre 2025”*

### ➔ 2. Cultura de movilidad: campañas, educación y participación ciudadana

Durante 2025 DTPM desplegó un conjunto de acciones orientadas a informar a la ciudadanía sobre los cambios y mejoras operacionales del sistema y a promover su uso adecuado. Estas iniciativas incluyeron monitores en terreno, la entrega de material impreso, instalación de gráfica en refugios, estaciones de transbordo y buses, avisaje en medios de prensa, campañas en medios digitales y en la vía pública.

En conjunto, estas medidas han contribuido a consolidar un sistema de transporte público más atractivo y comprensible para las personas usuarias, favoreciendo su valoración social y apoyando la transición hacia patrones de movilidad más sostenibles.

Tabla 21: Campañas informativas del DTPM (2025)

Campaña
Campaña evasión y buenas prácticas “Seamos más Amables”
Día Nacional Sin Auto
Fomento del uso del Transporte Público
Cambios al Plan Operacional
Planes Operacionales Especiales (POE) y Desvíos
Campañas con monitores sobre formas de pago y App de Red
Team educativo en colegios

Fuente: Elaboración propia con datos DTPM (2025)

### a) Día Nacional Sin Auto: activación ciudadana por la movilidad sustentable

El "Día Nacional Sin Auto" instaurado en Chile en 2018, tiene como objetivo es visibilizar los efectos socioambientales negativos del uso irracional del automóvil y promover la movilidad sustentable. Desde el año 2022, el DTPM tomó un rol protagónico en esta conmemoración, reconociéndola como una oportunidad estratégica para promover el uso del transporte público y su valoración social, junto con la caminata y el uso de la bicicleta como alternativas sostenibles y eficientes para movernos por la ciudad.

En este contexto, y mediante un trabajo colaborativo con organizaciones de la sociedad civil, universidades, instituciones públicas, emprendedores y empresas privadas, se ha ido fortaleciendo durante los últimos 4 años la visibilización de este día a través de la realización de actividades abiertas a la comunidad y un despliegue comunicacional de alcance metropolitano.

Como evento central, en 2025 se realizó por cuarto año consecutivo el Paseo de la Movilidad, transformando la calle Agustinas en un gran espacio peatonal temporal,

abierto al encuentro, la cultura y a la experiencia de vivir la ciudad de una manera diferente. La jornada contó con la participación de 54 stands de instituciones públicas y privadas, organizaciones sociales y universidades, que ofrecieron información, charlas, clases y actividades educativas sobre movilidad sustentable. La programación incluyó una muestra de los avances tecnológicos en electromovilidad vinculados al transporte público, espacios de charlas y actividades culturales. Asimismo, por segundo año consecutivo, la Plaza de la Constitución se transformó en un gran espacio educativo y recreativo para más de 300 niños y niñas de distintos establecimientos educacionales, quienes disfrutaron de obras de teatro, exposiciones interactivas y actividades lúdicas diseñadas para fomentar el aprendizaje sobre movilidad sustentable.

La conmemoración incluyó además activaciones culturales, acciones de difusión en espacios públicos, campañas en medios de comunicación y la participación de autoridades sectoriales y municipales, consolidando al Día Nacional Sin Auto como una instancia relevante de sensibilización ciudadana en torno a la movilidad sustentable.

Ilustración 10: Imágenes conmemoración Día Mundial Sin Auto, 2025



### b) Información de huella de carbono en la APP RED Movilidad

En 2025, el DTPM incorporó en la aplicación (APP) de RED Movilidad una nueva funcionalidad que permite a las personas usuarias al planificar su ruta conocer la huella de carbono evitada al desplazarse en transporte público en lugar de automóvil particular. Esta herramienta fortalece la transparencia ambiental del sistema y acerca la información climática a la ciudadanía de manera simple y útil.

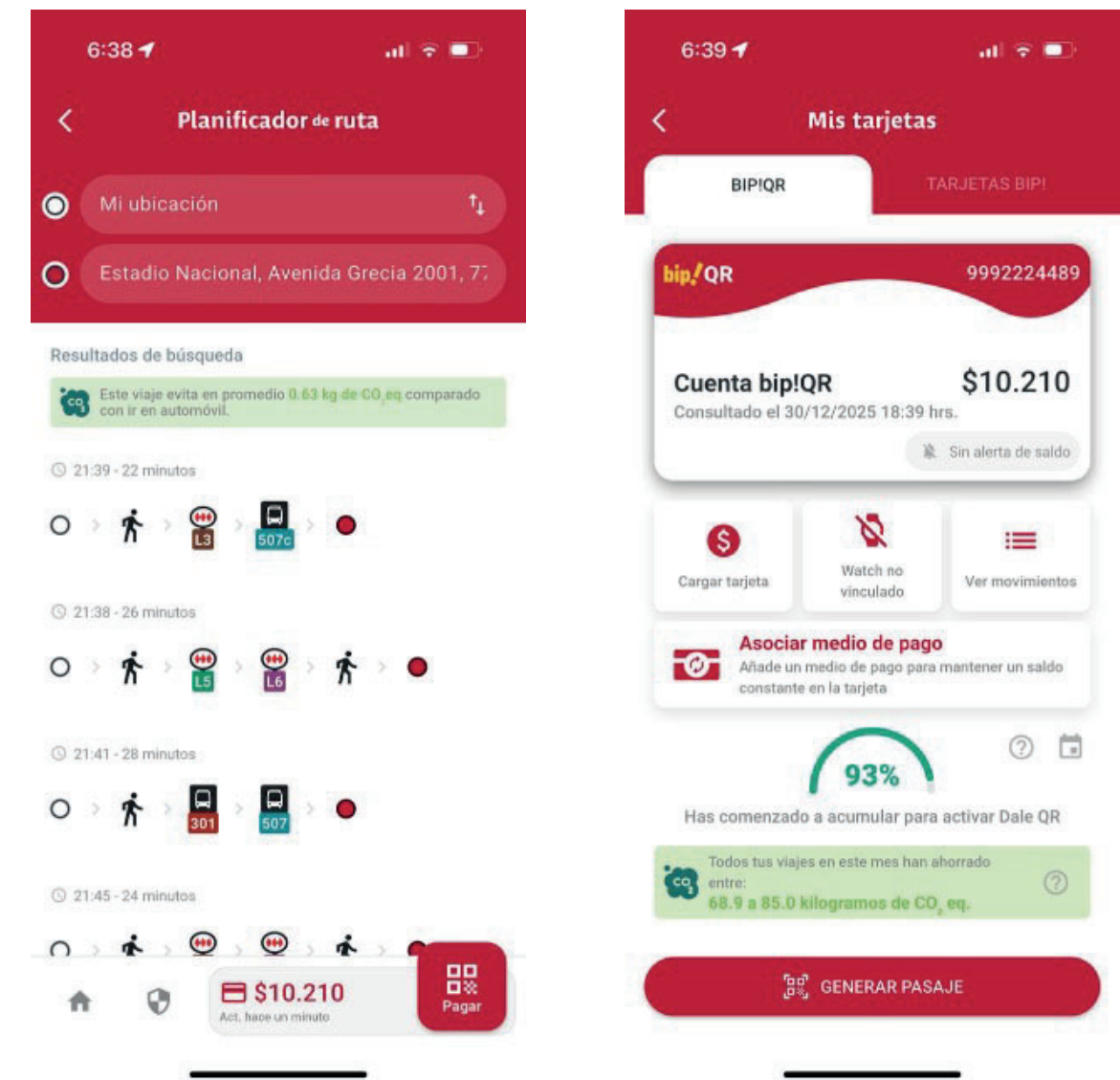
La aplicación calcula automáticamente las emisiones evitadas para cada viaje planificado, utilizando factores de emisión oficiales (Huella Chile 2024 y DEFRA 2023), distancia estimada del recorrido y tasas de ocupación del sistema. Al seleccionar una ruta, la APP muestra al usuario

la cantidad de kilogramos de CO<sub>2</sub>eq que evitaría emitir si ese mismo viaje se realizara en automóvil particular.

Además, se implementó un historial mensual donde la persona usuaria puede visualizar el total de emisiones evitadas en todos sus viajes durante el mes, mediante un indicador resumido que se actualiza dinámicamente con los datos de uso de su tarjeta.

Ambas funcionalidades incorporan un botón informativo que explica la metodología aplicada, reforzando la trazabilidad y consistencia de los cálculos. Esta innovación complementa los esfuerzos del DTPM por comunicar los beneficios reales de la electromovilidad y del transporte público, promoviendo decisiones de viaje más conscientes y alineadas con la acción climática de la ciudad.

Ilustración 11: Información de huella de carbono en la APP RED Movilidad



### 3. Subsidios y tarifas para un sistema accesible

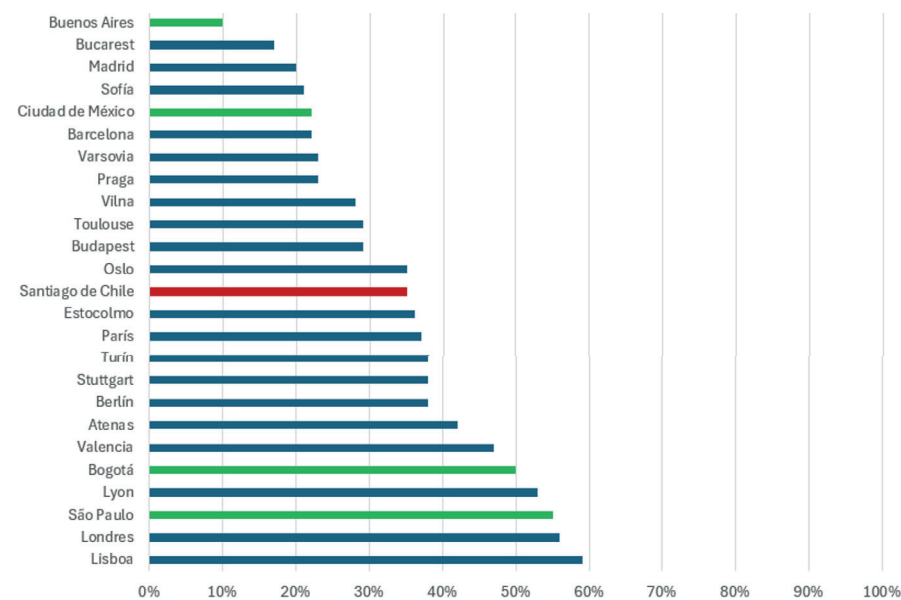
El transporte público es un pilar fundamental para la integración social y territorial, a partir de la movilidad que entrega en la ciudad con el objetivo de que sus ciudadanos puedan ejercer de manera efectiva todos sus derechos. Desde esta perspectiva, el subsidio al transporte se configura como una inversión social estratégica que permite financiar el sistema, convirtiéndose en una fuente de ingresos independiente a la proveniente de las tarifas que pagan las personas usuarias, generando incentivos progresivos que evitan que el nivel de ingresos se transforme en una barrera para acceder a derechos fundamentales como el empleo, la salud o la educación.

En Chile, esta visión se consolidó con la promulgación de la ley N° 20.378 en 2009, que establece un subsidio permanente y que hoy representa cerca del 65% de los ingresos del sistema, siendo el 35% restante recaudado a través de tarifas. Este financiamiento ha sido la base estructural de la transformación de la movilidad en

Santiago, permitiendo sostener la operación cotidiana y avanzar en procesos de modernización, como la renovación de flota y la fuerte incorporación de la electromovilidad.

Así como Santiago, la inversión social en transporte público es una herramienta utilizada en la gran mayoría de ciudades del mundo cuyos sistemas son comparables al chileno. La discusión sobre los subsidios al transporte público ya está superada en términos técnicos y políticos a nivel mundial, lo que se corrobora en el siguiente gráfico, donde se muestra que los ingresos tarifarios de las ciudades estudiadas requieren de un aporte estatal para el financiamiento de sus Sistemas. En particular en Latinoamérica, todas las ciudades que cuentan con un transporte público regulado tienen una estructura de financiamiento basada en los aportes estatales, promoviendo su uso como una de las principales formas de movilidad.

Gráfico 19: Proporción de ingresos tarifarios en distintos sistemas de transporte público en el mundo



Fuente: EMTA Barometer (2024)<sup>35</sup>. Fondeo y financiamiento del transporte público en América Latina y el Caribe (BID, 2025)<sup>36</sup>

Esta estructura de financiamiento a través de subsidios posibilita la gestión del sistema bajo criterios de redistribución y justicia espacial, en los cuales el Estado corrige las desigualdades de acceso a la movilidad mediante esquemas tarifarios diferenciados. Por ejemplo, los estudiantes, quienes acceden a una tarifa rebajada y plana de \$250 a través de la TNE, o las personas mayores, que cuentan con descuentos mediante la tarjeta bip! Adulto Mayor o la TAM y, para el segmento Adulto, el monto máximo mensual Dale QR! el cual permite a aquellas personas que utilizan el pago con código QR viajar gratis cuando alcanzan los \$41.000, limitando el gasto mensual en transporte público. Estas políticas tarifarias garantizan el acceso a desplazamientos dignos

para quienes no disponen de alternativas privadas, facilitando su integración efectiva a las oportunidades que ofrece la ciudad.

Más allá del impacto individual, el subsidio constituye una herramienta central para avanzar en la sostenibilidad ambiental y la reducción de costos sociales. Al hacer económicamente atractivo el uso del transporte público, se incentiva el traspaso desde los medios privados de transporte, principalmente el automóvil, con efectos directos en la disminución de las principales externalidades negativas como son la congestión, la siniestralidad vial y las emisiones de dióxido de carbono. Gracias a esta inversión pública, Santiago se ha posicionado como un

referente internacional en electromovilidad, siendo la flota de buses eléctricos más grandes fuera de China. Este avance, junto con la expansión sostenida de la red de Metro y del Tren de EFE, ha permitido ofrecer un sistema de alta calidad que mejora la experiencia urbana incluso de quienes no son usuarios habituales.

La integración tarifaria representa, quizás, la expresión más concreta de la eficiencia operativa que posibilita el subsidio. El modelo vigente en Santiago permite realizar hasta dos transbordos dentro de un periodo de 120 minutos, optimizando el gasto en transporte de los hogares y promoviendo una movilidad intermodal más fluida y eficiente. En este sentido, el subsidio establecido por la ley N° 20.378 no solo financia la operación de buses, sino que también todo el sistema integrado, incluyendo la operación de Metro, Tren Nos - Estación Central, los servicios complementarios, como tecnología, administración financiera y la red de carga, así como la infraestructura necesaria para la operación. A partir de esto, el subsidio no solo se comporta como un instrumento financiero, sino que habilita la expansión territorial del sistema, incorporando servicios de alto estándar en zonas históricamente postergadas. Así, el sistema no solo crece en infraestructura y cobertura, sino también en legitimidad social, al responder a demandas de conectividad largamente postergadas por la ciudadanía.

Finalmente, tal como se ha descrito en secciones anteriores, el subsidio ha sido una herramienta fundamental para atraer inversión y participación en el Sistema. Su vigencia de largo plazo, con un marco legal que lo sostiene, entrega certezas financieras de sostenibilidad económica y capacidad de resiliencia, mitigando los riesgos a entidades financieras a partir del respaldo del Estado a la política pública. Así, la incorporación de la electromovilidad y toda la estructura que la sustenta ha logrado atraer una inversión total de más de \$2.200 millones de dólares en buses y \$154 millones en infraestructura de carga, convirtiendo a Santiago en un polo atrayente para invertir en energías limpia y renovables.

### 4. Género y movilidad: el impulso del Programa de Mujeres Conductoras

El Programa Mujeres Conductoras es una iniciativa público-privada articulada por el Directorio de Transporte Público Metropolitano (DTPM), gobiernos locales y empresas, que busca a través de la inclusión de mujeres a labores de conducción del transporte público contribuir a acortar brechas de género relacionadas con baja formalidad y feminización de la pobreza.

Desde su implementación, el Programa Mujeres Conductoras ha mostrado un crecimiento sostenido en la formación y capacitación de mujeres. El 2022, año que inició el Programa, se beneficiaron 67 mujeres a través de 4 cursos, marcando el inicio de esta iniciativa, que fue creciendo al pasar de los años. Al año siguiente, en 2023, el número aumentó levemente a 75 beneficiadas, manteniendo la misma cantidad de cursos.

El verdadero impulso se observó en 2024, cuando se duplicó la oferta formativa con 8 cursos, alcanzando a 181 mujeres, lo que refleja un compromiso creciente con la inclusión laboral femenina. Finalmente, en 2025, el programa consolidó su expansión con 11 cursos y 252 beneficiadas, logrando el mayor impacto desde su creación.

En total, entre 2022 y 2025, el programa ha beneficiado a 575 mujeres mediante 27 cursos en distintas comunas de la capital, evidenciando un avance significativo, aunque el desafío sigue siendo sostener este ritmo y garantizar que más mujeres accedan a oportunidades laborales en el transporte público.

Tabla 22: Total Beneficiadas del Programa Mujeres Conductoras

Año	Suma de N° de personas beneficiadas	Cursos por año
2022	67	4
2023	75	4
2024	181	8
2025	252	11
<b>Total general</b>	<b>575</b>	<b>27</b>

Fuente: Elaboración propia con datos DTPM (2025)

## → 5. Explorando nuevos energéticos: Hidrógeno verde en el transporte público

El desarrollo del hidrógeno verde como energético limpio ha adquirido un rol estratégico en Chile, impulsado por la Estrategia Nacional de Hidrógeno Verde (2020)<sup>37</sup> y por la meta país de avanzar hacia la carbono neutralidad al 2050. Su desarrollo se articula a través de una arquitectura institucional que conecta esta visión de largo plazo con acciones concretas definidas en el Plan de Acción de Hidrógeno Verde 2023–2030<sup>38</sup>, orientadas a acelerar su adopción en sectores clave, incluido el transporte.

En este contexto, el Sistema RED Movilidad se ha posicionado como un laboratorio urbano para la introducción y validación de tecnologías de cero emisiones, ampliando el alcance de la electromovilidad más allá de los buses eléctricos a batería, en coherencia con la Estrategia Nacional de Electromovilidad y su meta de avanzar hacia una operación del transporte público cero emisiones.

Bajo esta hoja de ruta, adquiere especial relevancia la Medida 54 del Plan de Acción, orientada a acercar esta tecnología a la ciudadanía mediante el pilotaje de buses con celda de combustible (FCEB) en el transporte público. En cumplimiento de este mandato, el DTPM ha impulsado estudios, alianzas institucionales y procesos de preparación técnica que permiten hoy avanzar hacia la implementación del primer piloto de buses a hidrógeno en Santiago a partir de 2026.

### **a) Estudio de evaluación técnico-económica para buses a hidrógeno: condiciones de operación en Santiago<sup>39</sup>**

Durante 2022 se desarrolló un análisis técnico-económico destinado a evaluar la factibilidad de introducir buses a hidrógeno en 20 recorridos del Sistema RED Movilidad con apoyo del Programa Clima y Aire Limpio en Ciudades de América Latina (CALAC+), financiado por la Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación (COSUDE) y ejecutado por la Fundación Suiza de Cooperación para el Desarrollo Técnico (Swisscontact).

El estudio caracterizó buses disponibles en el mercado, con costos entre USD 600.000 y 800.000 y confirmó que al menos cuatro modelos cumplen holgadamente los requisitos técnicos y energéticos para operar en Santiago. A través de simulaciones energéticas, se estimó el consumo real de hidrógeno por recorrido, con valores que varían entre 1,3 kg/vuelta (servicio G04) y 8 kg/vuelta (servicio 712). El rendimiento promedio oscila entre 7,7 a 10,7 kg H<sub>2</sub>/100 km, dependiendo del perfil de velocidad y topografía.

La simulación diaria de flota evidencia demandas de hidrógeno que van desde 245 kg H<sub>2</sub>/día (G04) hasta 1.390 kg H<sub>2</sub>/día (301). Este análisis permite dimensionar el tamaño de la infraestructura de reposición necesaria para un piloto y su eventual escalamiento. En términos ambientales, el estudio confirma que los buses FCEB no generan emisiones locales, pero advierte que la huella de carbono depende del origen del hidrógeno: sólo el hidrógeno verde reduce emisiones respecto a un bus diésel. Por este motivo, cualquier piloto se recomienda opere con hidrógeno producido con energías renovables (PPA verde o fuente equivalente).

Para priorizar una ruta piloto, se elaboró un modelo multivariable que integra emisiones, demanda, complejidad operacional y potencial de escalamiento a fin de seleccionar la mejor alternativa, por su alto impacto ambiental, elevada demanda de pasajeros y factibilidad técnica. Este estudio entrega una hoja de ruta inicial para avanzar desde la simulación hacia la ingeniería de detalle del piloto.

### **b) Estudio de seguridad operacional para buses a hidrógeno: requisitos, riesgos y medidas de control**

En 2023, el DTPM con apoyo de CALAC+ encargó un estudio de seguridad operacional con el fin de identificar las condiciones técnicas, normativas y de seguridad necesarias para operar buses a hidrógeno en el Sistema RED.

El análisis revisó normativas nacionales e internacionales, incluyendo estándares de Estados Unidos, la Unión Europea y Alemania. Se priorizaron normas clave aplicables a la operación segura del hidrógeno, tales como NFPA 2, ISO 15916, ISO 19880-1, ISO 14687:2019, ASME B31.12 e ISO 26142, todas relevantes para generación, almacenamiento, transporte, repostaje y mantenimiento de buses FCEB.

El estudio elaboró una matriz de riesgos para cada etapa del proceso, reforzando que los fabricantes juegan un rol determinante en la seguridad del sistema. Recomendó adquirir vehículos con experiencia comprobada, con al menos tres años de operación continua internacional, y exigir protocolos robustos en los procesos de repostaje, detección de fugas, ventilación, manipulación de cilindros y gestión de emergencias.

El informe también entrega recomendaciones transversales, como el desarrollo de protocolos de operación segura, procedimientos para mantenimiento especializado y un plan de capacitación para conductores, mecánicos y equipos de emergencia. Estas medidas permitirán operar el piloto con estándares de seguridad equivalentes a los utilizados en mercados más avanzados.

### **c) Convenios de colaboración: articulación público-privada para viabilizar el piloto**

Para asegurar que el piloto disponga de condiciones operacionales reales, especialmente en materia de abastecimiento seguro de hidrógeno verde, el MTT a través del DTPM ha establecido convenios estratégicos que consolidan la articulación técnica y logística necesaria.

#### **(1) Convenio colaboración Ministerios Energía, Medio Ambiente y 26 actores**

Durante 2022 se firmó un Convenio de Colaboración entre los Ministerios de Transportes y Telecomunicaciones, de Energía y de Medio Ambiente junto a 26 actores del sector privado y de la academia, cuyo objeto es trabajar coordinadamente en el desarrollo de acciones dirigidas a materializar uno o más programas piloto para evaluar el funcionamiento de buses eléctricos con tecnología en base a hidrógeno en el Sistema RED.

Este convenio permitió que el Ministerio de Energía, la Cooperación Alemana (GIZ) y el DTPM trabajaran conjuntamente para acelerar el diseño del piloto de buses a hidrógeno. La colaboración ha facilitado estudios técnicos, análisis de riesgos, estimaciones de demanda energética de alternativas servicios.

#### **(2) Convenio para el abastecimiento de hidrógeno verde – Ecosistema H2 Chile**

A fines de 2025, un segundo convenio, liderado por H2 Chile y un consorcio de empresas como Marval, Clean Logistics, Copec, IEE Mining y Walmart Chile, acordaron proveer hidrógeno verde para buses piloto en el Sistema RED Movilidad. Esta alianza permitirá disponer de un sistema de suministro seguro, con estándares de calidad y continuidad operativa para la operación real de buses FCEB.

Gracias a este convenio se asegura que el piloto opere exclusivamente con hidrógeno verde, condición indispensable para que el proyecto contribuya a la reducción de emisiones globales y se mantenga coherente con los objetivos climáticos del país.

### **d) Hacia la implementación del primer piloto de buses a hidrógeno en el Sistema RED Movilidad**

El trabajo desarrollado en los últimos años en materia de estudios técnicos, evaluaciones de seguridad y convenios de colaboración interinstitucional ha permitido al DTPM avanzar desde la fase de análisis hacia la implementación concreta del primer piloto de buses a hidrógeno en el transporte público urbano.

El piloto contempla la adquisición y operación de dos buses con celda de combustible de hidrógeno (FCEB), actualmente en proceso de compra, de características tecnológicas equivalentes, pero con distinto origen productivo: uno de ellos será fabricado en Chile, mientras que el segundo corresponderá un bus adquirido a un proveedor internacional. Ambos vehículos operarán en un recorrido a definir dentro de un grupo previamente priorizado por sus características operacionales.

Su puesta en servicio permitirá generar evidencia en condiciones reales de operación en Santiago, evaluando el desempeño energético, la autonomía bajo distintos regímenes de carga, los requerimientos logísticos y de infraestructura, los procedimientos de repostaje, los costos operacionales asociados, así como la aceptación por parte de conductores y personas usuarias.

La implementación del piloto se encuentra en desarrollo y es liderada por la Agencia de Sostenibilidad Energética (AgenciaSE), en su rol de agencia implementadora del proyecto, responsable de la coordinación técnica y operativa entre los distintos actores involucrados. Este trabajo articulado y financiado por el Ministerio de Energía, el DTPM, la cooperación internacional (GIZ y la Unión Europea), RBU, REBORN Electric empresa chilena quien fabricará uno de los buses, y las empresas del consorcio proveedor de hidrógeno verde, consolidan un esquema de gobernanza colaborativa que ha sido clave para viabilizar el piloto.

Este hito representa un paso decisivo en la incorporación de tecnologías emergentes de cero emisiones, complementando la estrategia de electrificación basada en buses eléctricos a batería; posicionando al Sistema RED Movilidad como un referente nacional y regional en la exploración temprana del hidrógeno verde aplicado al transporte público, reforzando su rol como plataforma de aprendizaje para la transición energética del país.



**LEGITIMIDAD**



**APRENDIZAJES  
Y PROYECCIÓN**



# IV. Legitimidad, aprendizajes y proyección

## A. Voces ciudadanas: percepción y satisfacción usuaria

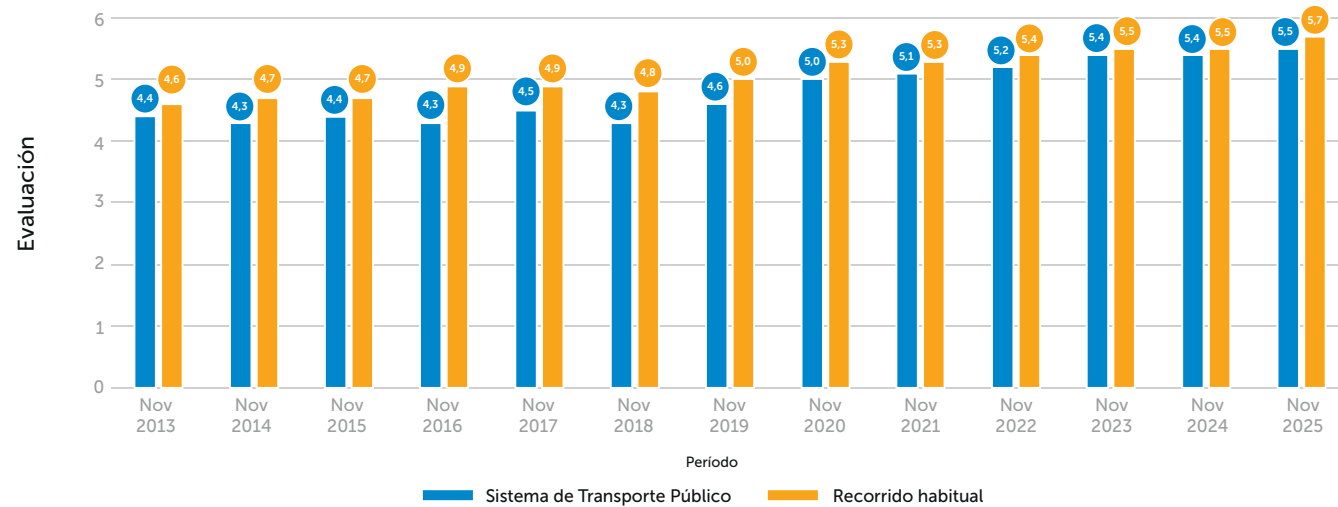
Más allá de la experiencia directa de viaje, la percepción del transporte público se construye también a partir de su valoración como actor social relevante y como un servicio que contribuye al bienestar colectivo. En este plano, el Sistema RED Movilidad ha mostrado una evolución sostenida en su posicionamiento ciudadano, reflejando avances no solo en desempeño operacional, sino también en legitimidad social.

Estos avances se reflejan en la percepción ciudadana. De acuerdo con el Estudio de Satisfacción de Usuarios del Transporte Público Metropolitano, elaborado por Brújula Investigación en 2025, los recorridos obtuvieron una evaluación promedio de 5,7 y el sistema en su

conjunto una calificación de 5,5 en la escala de 1 a 7. Estos resultados obtuvieron niveles históricamente altos contrastan con la evaluación inicial de 4,4 y 4,6 registrada en 2013, dando cuenta de una mejora sostenida en la valoración del servicio a lo largo del tiempo.

A ello se suma que la evaluación respecto de la modernidad del sistema alcanzó un resultado histórico: un 83% de acuerdo para los atributos "Es un sistema moderno" y "Es un sistema capaz de mejorar". Este hito está estrechamente vinculado al proceso de renovación de flota, que en esta medición obtuvo su valoración más alta desde que existe este estudio, reforzando la percepción de un sistema en permanente transformación y mejora.

Gráfico 20: Resultados de la evaluación del Sistema y los recorridos (2013-2025)



Fuente: Elaboración Propia DTPM.

De acuerdo con el estudio Marcas Ciudadanas 2025, elaborado por CADEM, RED Movilidad consolida su presencia dentro del ecosistema de marcas con impacto social positivo a nivel nacional. Durante el segundo semestre de 2025, el sistema mejoró su posición en el al grupo de las 39 Marcas Ciudadanas oficiales del país, evidenciando una percepción ciudadana favorable y una mayor cercanía con la vida cotidiana de las personas<sup>40</sup>.

En dimensiones específicas del estudio, RED Movilidad alcanzó hitos relevantes. En Compromiso Ambiental, se ubicó en el puesto 14 entre las marcas que más se preocupan por el medioambiente, resultado estrechamente vinculado al despliegue de una flota superior a 3.000 buses eléctricos al 2024, que posiciona al sistema como uno de los principales referentes de electromovilidad a nivel mundial. En Calidad de Vida, el sistema se posicionó en el puesto 20, reconociéndose

su aporte a la movilidad diaria, la accesibilidad y la reducción de externalidades negativas asociadas al transporte urbano.

Dentro del ecosistema del transporte público metropolitano, Metro de Santiago destacó de manera significativa, liderando la categoría de Aporte Social y alcanzando el 4º lugar en el ranking general de Marcas Ciudadanas. Este resultado refuerza el rol estratégico del transporte público como un pilar de cohesión social, equidad urbana y calidad de vida en la ciudad<sup>40</sup>.

*"El sistema de transporte público urbano alcanza un 77% de transacciones en modos de propulsión eléctrica a diciembre 2025"*

Ilustración 12: Top 30 Marcas Ciudadanas Aporte Social año 2025, CADEM

1	natura	7	PRONTO COPEC	13	kyklis	19	Soprole	25	SQM
2	BIOPARQUE Buinzoo	8	METRO DE SANTIAGO	14	Red	20	cachantun EL SABOR DE LA NATURALEZA	26	aramco
3	RESIMPLE	9	AGUAS andinas	15	paris	21	MUT	27	Jumbo
4	TESLA	10	efe TRENES DE CHILE	16	tika	22	GIRO	28	mallplaza
5	COLUN	11	patagonia	17	trembre	23	f	29	NotCo
6	COPEC ANOS	12	LATAM AIRLINES	18	vital de Chiquilante	24	TRICICLOS	30	BIO BJO LA RADIO

Fuente: Estudio Marcas Ciudadanas CADEM (2025)

Estos resultados confirman que la transformación del Sistema RED Movilidad, impulsada por la electromovilidad y la mejora del estándar de servicio, no solo se expresa en indicadores técnicos y ambientales, sino también en una creciente valoración ciudadana, consolidando al transporte público como un actor clave en el desarrollo urbano y social de Santiago.



## B. Chile: Líder global por un transporte sustentable, innovador y resiliente

La transformación del Sistema RED Movilidad con la incorporación masiva de buses eléctricos ha convertido a Santiago en un referente mundial en electromovilidad para el transporte público urbano. Con más de 3.800 buses eléctricos en circulación, y en proceso de llegar a más de 4.400 en marzo de 2026, RED Movilidad se ha consolidado como un referente en electromovilidad, atrayendo el interés regional y global de gobiernos, operadores de transporte, organismos multilaterales y expertos para poder interiorizarse en el modelo que ha permitido a Santiago de Chile encumbrarse como líder en esta tecnología.

Esto se ha enmarcado en el rol de Chile como un país ambicioso en acción climática, un rol que también se ha relevado fuertemente en la descarbonización de su transporte a través de políticas vanguardistas como la Estrategia Nacional de Electromovilidad (2017-2021) o la Ley Marco de Cambio Climático, que estableció metas sectoriales y espacios de tiempos para lograrlas. Esto se ha transmitido a nivel internacional, donde los últimos años Chile se ha destacado como un referente en descarbonización del transporte, liderando espacios internacionales e iniciativas para que otros países se sumen a la senda que hemos comenzado.

Participación en espacios internacionales. Durante 2024-2025, Chile fue el primer país Latinoamericano en tener la presidencia del International Transport Forum, uno de los principales foros gubernamentales de transporte que reúne a 69 de las principales economías del mundo.

Durante la cumbre de ITF de 2025, donde RED Movilidad tuvo una presencia y rol destacado, la presidencia chilena logró dos "policy recommendations" en seguridad vial y uso de inteligencia artificial en el transporte, siendo la primera presidencia en lograr dos declaraciones en una cumbre, que promoverán políticas y mejores prácticas en los países miembros.

Así mismo, durante la reciente COP30 en Belem do Para presidida por Brasil, Chile lideró, a través del Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones, la Declaración Conjunta para la Descarbonización del Sector Transporte, la primera de su tipo estableciendo ambiciosas metas sectoriales para el sector, que ya ha sido respaldada por 11 países, incluyendo países como España, Brasil y Noruega. Reconocimiento global y delegaciones internacionales.

El liderazgo de RED Movilidad en la transición a la electromovilidad del transporte público urbano, lo han transformado en un laboratorio a gran escala de su implementación y efectos, lo que ha generado un interés creciente de otros países de la región y el mundo, demostrado en el creciente número de delegaciones internacionales que visitan el DTPM año a año para conocer de primera mano las políticas, infraestructura y las soluciones tecnológicas asociadas al sistema.

El intercambio activo y constante ha permitido compartir conocimientos y aprendizajes sobre el financiamiento, planificación, operación y mantenimiento de la flota eléctrica, aportando perspectivas y enseñanzas que permitan amplificar el desarrollo de la electromovilidad por el mundo. A continuación, el detalle de estas visitas:



Tabla 23: Delegaciones que visitan el Sistema RED.

Mes – año visita	Marco delegación	Países
Julio 2022	Ministerios de Transporte, Energía, y Medio Ambiente	Ecuador
Agosto 2022	Zebra – C40 – Centro Mario Molina	Brasil, Colombia, México
Agosto 2022	Viceministra de Transporte	Costa Rica
Noviembre 2022	Estado de Santa Catarina – Banco Mundial	Brasil
Abril 2023	Delegación empresarial	Republica Checa
Abril 2023	Santa Cruz de Tenerife	España
Julio 2023	Ministerio de Energía y Minas	Guatemala
Julio 2023	Ministerio de Obras Públicas y Transportes	Costa Rica
Noviembre 2023	Viceministerio de electricidad y energías alternativas	Bolivia
Enero 2024	Frances Sprei - Embajada de Suecia – Congreso Futuro	Suecia
Enero – Octubre 2024	Active	Países Bajos
Febrero 2024	Banco Mundial, El Cairo BRT	Egipto
Marzo 2024	Estado de Minas Gerais	Brasil
Marzo 2024	Transport for London	Reino Unido
Abril-Julio 2024	Ministerio de Obras Publicas	Paraguay
Octubre 2024	Delegación Unión Europea	Unión Europea
Enero 2025	MiBus-CAF	Panamá
Marzo 2025	Gobierno Estatal de Rio de Janeiro	Brasil
Marzo 2025	Euroclima - GIZ	México, Costa Rica, Colombia, Rep. Dominicana, Ecuador y Perú
Abril 2025	Ministerio de Asuntos Rurales e Infraestructura	Suecia
Mayo 2025	Trade and Investment Queensland	Australia
Junio 2025	Study Tour C40 – South African Cities	Sudáfrica
Agosto 2025	Stanford Study Tour	Estados Unidos
Septiembre 2025	Plataforma de Electromovilidad BID	Brasil, Paraguay y Colombia
Octubre 2025	Operadores de Transporte de Lima y Callao	Perú
Noviembre 2025	Plataforma Regional de Electromovilidad CMS	Guatemala, Jamaica, Antigua y Barbuda, Granada, Perú, Colombia, El Salvador, Ecuador, Honduras, Brasil, Estados Unidos
Noviembre 2025	JICA-ATU	Japón y Perú
Noviembre 2025	Colegio de Ingenieros de Lima	Perú
Noviembre 2025	UITP Diploma for Public Transport Managers	Suiza, Bélgica, Austria, China (Hong Kong), Japón, Malasia, y Polonia
Diciembre 2025	Dirección General de Energía, Hidrocarburos y Minas	El Salvador

Fuente: Elaboración propia con datos DTPM (2025)

**Participación en espacios internacionales.** RED Movilidad ha estado presente en diversos foros y plataformas de cooperación internacional, donde distintos profesionales del DTPM, han presentado los avances en electromovilidad y a otras materias del sistema de transportes y visitado foros y ferias para traer aprendizajes, consolidando su liderazgo a través de la participación en eventos clave.

**Reconocimientos y Alianzas Estratégicas.** El impacto positivo de la electromovilidad y la introducción de buses de bajas emisiones en Santiago ha sido reconocido con distinciones internacionales, fortaleciendo la imagen de RED Movilidad como un modelo de éxito.

Durante 2025, Santiago fue galardonado con la Mención Honorífica del prestigioso Sustainable Transport Awards otorgado por el Instituto para Políticas de Transporte y

Desarrollo (ITDP), reconocimiento que será anunciado en enero de 2026, por el desarrollo de la electromovilidad y su modelo de negocios en la Licitación 2023. Así mismo, durante 2025 el DTPM recibió un reconocimiento especial en los premios de la Unión Internacional de Transporte Público, por la campaña de Buenas Prácticas y Prevención de la Evasión, y por la iniciativa Dale QR para Promover el Uso del Transporte Sustentable a través de un fare capping.

Además, la colaboración con organismos multilaterales, organizaciones sin fines de lucro y otros gobiernos nacionales y locales, ha permitido potenciar el intercambio de experiencias, buenas prácticas, y acelerar la adopción de nuevas tecnologías para el transporte público urbano. A continuación, el detalle de algunas de nuestras principales alianzas

**Tabla 24: Alianzas estratégicas.**

Institución	Proyecto marco	Países
UITP (Unión Internacional de Transporte Público)	País miembro	Organizaciones en más de 100 países
BID (Banco Interamericano de Desarrollo)	Observatorio Latinoamericano de Género y Movilidad	Colombia, Argentina, México, Ecuador, Costa Rica, Bolivia, Perú y Chile
CAF (Corporación Andina de Fomento) MMA (Ministerio de Medio Ambiente) AGCID (Agencia Chilena de Cooperación Internacional para el Desarrollo)	Estrategia Chilena de Transporte Público Sostenible (CLETS)	Chile
C40 (Cities Climate Leadership group) ICCT (The International Council On Clean Transportation) VCMS (Centro de Movilidad Sostenible)	ZEBRA Zero Emission Bus Rapid-deployment Accelerator (ZEBRA)	Brasil, Colombia, México y Chile

Fuente: Elaboración propia con datos DTPM (2025)

A partir de estas experiencias, el Sistema de Transportes de Santiago, RED Movilidad, no solo ha fortalecido su posición como referente, sino que además ha impulsado a otras ciudades a seguir este ejemplo, mostrando que avanzar hacia un transporte público más limpio y eficiente no solo es posible, sino que ya es una realidad.

### C. Proyecciones

El avance de la electromovilidad en el transporte público urbano en Santiago ha sido sostenido y consistente, posicionando al país como un referente regional y global en la transición hacia sistemas de movilidad más limpios, eficientes y centrados en las personas. Sin embargo, los logros alcanzados no representan un punto de llegada, sino una base sólida desde la cual proyectar la consolidación, expansión y profundización de esta política pública al resto del país. Este Segundo Informe de Electromovilidad invita a reflexionar sobre los desafíos pendientes y a reafirmar el compromiso del Estado con la continuidad y el perfeccionamiento de esta política.

Entre los principales desafíos se encuentra la necesidad de seguir fortaleciendo las capacidades institucionales para gestionar sistemas cada vez más complejos, altamente tecnológicos y con crecientes exigencias operativas. La electromovilidad no solo implica la incorporación de buses eléctricos, sino también la planificación de infraestructura de carga, la adaptación de los modelos de operación, la gestión eficiente de la energía y la formación continua de capital humano. Todo ello exige una coordinación robusta y situada en la ciudad que queremos construir, teniendo una mirada de largo plazo que permita anticipar riesgos y asegurar la sostenibilidad del sistema.

Otro desafío relevante es profundizar el impacto territorial y social de la electromovilidad. Avanzar hacia una mayor equidad en el acceso a un transporte público de alto estándar, reducir brechas entre zonas y regiones, y asegurar que los beneficios ambientales y económicos de esta transformación lleguen efectivamente a las personas, sigue siendo una prioridad. En este sentido, la electromovilidad debe continuar siendo una herramienta para construir ciudades más humanas, que incrementen el bienestar de los usuarios y los vecinos, y contribuir a los compromisos climáticos del país.

La futura implementación de la licitación de transporte público 2025 se inscribe como un hito clave en esta nueva etapa. Este proceso no solo permitirá dar continuidad a la renovación de flota con altos estándares ambientales, sino también incorporar aprendizajes acumulados en materia de diseño contractual, incentivos a la calidad de servicio, eficiencia operativa y gestión de activos. La licitación 2025 representa una oportunidad estratégica para terminar de consolidar la electromovilidad y el modelo de negocios

como ejes estructurales del sistema, alineando objetivos de sostenibilidad, calidad y estabilidad para los distintos actores involucrados.

En ese mismo sentido, está el desafío permanente del uso eficiente de los recursos públicos. Como se ha demostrado, el camino de la electromovilidad ha permitido reducir costos en operación y mantenimiento, además de menores precios a partir de la competencia y la evolución de la tecnología. Todo lo anterior ha contribuido, a través de los distintos procesos de licitación, a tener una operación más eficiente, donde los ahorros se han traspasado directamente a los precios competitivos de los distintos procesos. Esto ha permitido robustecer el equilibrio financiero del sistema de transporte público y, con ello, tener un uso más eficiente de los recursos de subsidio provistos por el Estado y de los aportados por las propias personas a través de tarifas. La licitación 2025 cobra importancia en este ámbito, dado que tiene un potencial de ahorro por sobre los \$15.000 millones anuales, los cuales son fundamentales para el financiamiento de mediano y largo plazo del Sistema.

La experiencia de Santiago demuestra que la electromovilidad ha trascendido administraciones y coyunturas, consolidándose como una Política de Estado. El desafío hacia adelante es mantener esta continuidad, fortaleciendo la gobernanza, asegurando condiciones para su expansión y adaptando el marco regulatorio a los futuros cambios tecnológicos y energéticos. Este informe busca contribuir a ese propósito, entregando evidencia, aprendizajes y proyecciones que permitan seguir avanzando, con convicción y responsabilidad, hacia un sistema de transporte público más limpio, moderno y sostenible para las generaciones presentes y futuras.



# ANEXOS



## A. Glosario de Términos

• **3CV (Centro de Control y Certificación Vehicular):** Organismo que certifica el cumplimiento de normas técnicas y ambientales en los vehículos.

• **ADAS (Advanced Driver Assistance Systems):** Sistemas de asistencia avanzada para conductores, utilizados en buses y automóviles.

• **AFT (Administrador Financiero del Transantiago):** Entidad encargada de gestionar los ingresos y pagos del sistema de transporte público.

• **BID (Banco Interamericano de Desarrollo):** Institución financiera que financia proyectos de desarrollo en América Latina y el Caribe, incluyendo transporte y sostenibilidad.

• **C40 (C40 Cities Climate Leadership Group):** Red global de ciudades comprometidas con la lucha contra el cambio climático y la movilidad sostenible.

• **CAF (Banco de Desarrollo de América Latina y el Caribe):** Organismo que financia infraestructura y proyectos de desarrollo en la región, incluyendo movilidad y energía.

• **CNE (Comisión Nacional de Energía):** Organismo encargado de regular y supervisar el sector energético en Chile.

• **CO<sub>2</sub>eq (Dióxido de Carbono Equivalente):** Medida que expresa el impacto de diferentes gases de efecto invernadero en términos de CO<sub>2</sub>.

• **COV (Compuestos Orgánicos Volátiles):** Gases contaminantes emitidos por vehículos y procesos industriales.

• **DESARROLLO PAÍS S.A.:** Empresa del Estado de Chile cuyo propósito es impulsar proyectos de infraestructura de manera ágil, eficiente y con mirada de largo plazo, a través de alianzas público-privadas, buscando ser un aporte para Chile y sus habitantes.

• **DTPM (Directorio de Transporte Público Metropolitano):** Entidad encargada de la gestión y planificación del transporte público en Santiago de Chile.

• **GEC (Gestión de Episodios Críticos):** Medidas adoptadas en días de alta contaminación ambiental.

• **MINVU (Ministerio de Vivienda y Urbanismo):** Encargado de la planificación urbana y desarrollo de infraestructura en Chile.

• **MMA (Ministerio del Medio Ambiente):** Organismo encargado de la formulación y aplicación de políticas ambientales en Chile, promoviendo la protección de los ecosistemas y la gestión sustentable de los recursos naturales.

• **MP<sub>2.5</sub> / MP<sub>10</sub> (Material Particulado):** Partículas contaminantes suspendidas en el aire, clasificadas según su diámetro.

• **MTT (Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones):** Entidad responsable de regular, planificar y fiscalizar el transporte y las telecomunicaciones en Chile, asegurando su desarrollo eficiente y sostenible.

• **NDC (Contribuciones Determinadas a Nivel Nacional):** Compromisos climáticos asumidos por Chile en el marco del Acuerdo de París.

• **NOX (Óxidos de Nitrógeno):** Contaminantes atmosféricos generados por la combustión de motores.

• **PPDA (Plan de Prevención y Descontaminación Atmosférica):** Estrategia del Ministerio del Medio Ambiente para reducir la contaminación en Santiago.

• **SECTRA (Secretaría de Planificación de Transporte):** Dependencia del MTT que realiza estudios y planificación del transporte urbano y regional.

• **SENAPRED (Servicio Nacional de Prevención y Respuesta ante Desastres):** Organismo del Estado de Chile encargado de la gestión del riesgo de desastres y la coordinación de la respuesta ante emergencias a nivel nacional, en conjunto con autoridades regionales y locales.

• **SERVIU (Servicio de Vivienda y Urbanización):** encargado de la ejecución de políticas habitacionales, el desarrollo urbano y la administración de infraestructura pública

• **SOC (State of Charge):** Porcentaje que indica cuánta energía disponible tiene la batería de un vehículo eléctrico en un momento dado. Es el equivalente eléctrico al "nivel de combustible" en un vehículo a combustión.

• **SOH (State of Health):** Indicador que muestra el "estado de salud" de la batería respecto a cuando era nueva, normalmente en porcentaje (100% = capacidad original). Un SOH menor indica que la batería ha perdido parte de su capacidad y autonomía con el uso y el tiempo.

• **UITP (Unión Internacional de Transporte Público):** Organización mundial que promueve el transporte público sostenible y la movilidad urbana eficiente.

## B. Listado de organizaciones y personas entrevistadas

### 1. Listado de organizaciones y personas entrevistadas

Perfil	Organización	Nombre	Cargo
Operadores de transportes	Subus	Jaime Trejos	Asesor de Infraestructura
		Carlos Ruiz	Jefe de Centro de Control de Mantenimiento
	Vule	Rodrigo Carreño	Subgerente de Operaciones
	Voy	Alvaro Saavedra	Gerente de Planificación y Operaciones
		Jairo Rico	Gerente de Mantenimiento
	Metbus	Diego Fuentes	Gerente de Planificación
	Metropol	Cristian Gonzalez	Subgerente de Electromovilidad
		Diego Bravo	Analista Electromovilidad
	STU	Matias Uribe	Jefe de electromovilidad, Gerencia de operaciones y estudios
		Matias Salas	Profesional, Gerencia de operaciones y estudios
	RBU	Gerardo Venegas	Subgerente de Operaciones Logísticas
		Carlos Vega	Gerente de Operaciones
		Juan Carlos Flores	Gerente de Mantenimiento
		Leonardo Victoriano	Gerente de Contratos
Gran Américas	Katherinne Casas	Gerente de Mantenimiento	
	Marcelo Cornejo	Gerente de Operaciones	
Consortio Conecta	Roberto Cabrera	Gerente de Mantenimiento	
Fabricantes y representantes de marca de buses	Foton, Andes Motor	Rodrigo Sepulveda	Gerente de Buses y Vans, Andes Motor
	Zhongtong	Cairns Jiang	GM/Global New Energy Bus Director/American Dept
Empresas distribuidoras y proveedoras de energía	Enel Distribución	Luis Roa	Head of Activation
		Hernán Martínez	Head of Network Analysis & Solutions Optimization
		Daniela Palavecino	Responsable Estudios Regulatorios
		Jennyfer Martínez	Head of B2G & Large Customers
	CGE	Oscar Facusse	Director Comercial
	Empresa Eléctrica Puente Alto (EEPA)	Cristian Humeres	Gerente Comercial
	Guillermo Guerra Godoy	Subgerente de operación	
Enel X	Orlando Meneses	Head of Technical Post Sales Retail Chile	
Copec Voltex	Pablo Ugarte	Líder de Proyectos de Electromovilidad	
Proveedores gestión de carga y otros servicios	Dhemax	Pablo Avalos	Business Developer e-mobility
	Enerlink	Sebastián Luque	Founder & CEO
	Tracktec	Walter Moreno	Gerente Comercial
	Optibus	Alvaro Iriarte Sanderson	Regional Director South Cone
Academia	Pontificia Universidad Católica	Hugo Silva	Académico
	Universidad Técnica Federico Santa María	Mauricio Osses	Académico
Organismos públicos	Superintendencia de Electricidad y Combustibles (SEC)	Julio Clavijo	Jefe de Sostenibilidad Energética
	Comisión Nacional de Energía (CNE)	Enrique Cruces	Profesional Subdepartamento de Planificación
	Coordinador Eléctrico Nacional	Carla Hernández	Subgerente de Interconexión de Proyectos
	Servicio de Evaluación Ambiental (SEA)	Arturo Farias	Director Regional Región Metropolitana

## C. Bibliografía

- 1: Ministerio de Medio Ambiente de Chile, "Estrategia Climática de largo plazo de Chile," Informe oficial, Santiago, Chile, octubre 2021. [En línea]. Disponible en: <https://cambioclimatico.mma.gob.cl/wp-content/uploads/2021/11/ECLP-LIVIANO.pdf>
- 2: Congreso Nacional de Chile, "Ley N° 20.378, establece subsidio nacional para el transporte público remunerado de pasajeros," Ley N° 20.378, 5 de febrero de 2009. [En línea]. Disponible en: <https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=1005871>
- 3: Ministerio de Hacienda, "Ley 18.696, modifica artículo 6° de la Ley N° 18.502, autoriza importación de vehículos que señala y establece normas sobre transporte de pasajeros," Ley N° 18.696, 19 de octubre de 1987.
- 4: Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones de Chile, "Ley N.º 18.059: Asigna al Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones el carácter de organismo rector nacional de tránsito y le señala atribuciones," 1981. [En línea]. Disponible en: [https://www.subtrans.gob.cl/pdf/Ley\\_18059.pdf](https://www.subtrans.gob.cl/pdf/Ley_18059.pdf)
- 5: Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones de Chile, "Decreto Supremo N.º 212: Reglamento de los Servicios Nacionales de Transporte Público de Pasajeros," 21 de noviembre de 1992. [En línea]. Disponible en: <https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=11043>
- 6: Ministerio de Energía de Chile, "Política energética de Chile 2050," 2017. [En línea]. Disponible en: [https://www.energia.gob.cl/sites/default/files/energia\\_2050\\_-\\_politica\\_energetica\\_de\\_chile.pdf](https://www.energia.gob.cl/sites/default/files/energia_2050_-_politica_energetica_de_chile.pdf)
- 7: Congreso Nacional de Chile, "Decreto Exento N° 10, aprueba Política Energética Nacional 2050, Primera Actualización Quinquenal," Decreto Exento N° 10, 2018. [En línea]. Disponible en: <https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=1176226>
- 8: Ministerio de Energía de Chile, "Primera Estrategia Nacional de Electromovilidad," 2017. [En línea]. Disponible en: [https://www.energia.gob.cl/sites/default/files/estrategia\\_electromovilidad-8dic-web.pdf](https://www.energia.gob.cl/sites/default/files/estrategia_electromovilidad-8dic-web.pdf)
- 9: Ministerio de Energía de Chile, "Nueva Estrategia Nacional de Electromovilidad," 2012. [En línea]. Disponible en: [https://energia.gob.cl/sites/default/files/documentos/estrategia\\_nacional\\_de\\_electromovilidad\\_2021\\_0.pdf](https://energia.gob.cl/sites/default/files/documentos/estrategia_nacional_de_electromovilidad_2021_0.pdf)
- 10: Congreso Nacional de Chile, "Ley N° 21.305, establece el Primer Plan Nacional de Eficiencia Energética," Ley N° 21.305, 22 de agosto de 2021. [En línea]. Disponible en: <https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=1155887>
- 11: Congreso Nacional de Chile, "Ley N° 21.505, promueve el almacenamiento de energía eléctrica y la electromovilidad," Ley N° 21.505, 21 de noviembre de 2022. [En línea]. Disponible en: <https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=1184572>
- 12: Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones de Chile, "Plan Sectorial de Mitigación y Adaptación al cambio climático en el sector transporte " 2025. [En línea]. Disponible en: <https://www.subtrans.gob.cl/psmacc-mtt/>
- 13: Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones de Chile, "Estrategia Nacional de Movilidad Sostenible," 2022. [En línea]. Disponible en: <https://www.subtrans.gob.cl/wp-content/uploads/2022/11/Documento-oficial-ENMS-2023-SECTRA.pdf>
- 14: Directorio de Transporte Público Metropolitano (DTPM), "Licitaciones del Sistema RED Movilidad", Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones, Santiago, Chile. [En línea]. Disponible en: <https://www.dtpm.cl/index.php/licitaciones>
- 15: Congreso Nacional de Chile, "Ley N° 20.285, sobre Acceso a la Información Pública," Ley N° 20.285, 20 de agosto de 2008. [En línea]. Disponible en: <https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=276363>
- 16: Congreso Nacional de Chile, "Acuerdo Regional sobre el Acceso a la Información, la Participación Pública y el Acceso a la Justicia en Asuntos Ambientales en América Latina y el Caribe (Acuerdo de Escazú)," Decreto N° 209, 25 de septiembre de 2022. [En línea]. Disponible en: <https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=1178291>
- 17: Ministerio de Medio Ambiente, Departamento Ruido, Luminica y Olores, División de Información Ambiental, Oficina de Economía Circular y Proyecto "Apoyo a la Estrategia Chilena de Transporte Sostenible (CLETS)". Ministerio de Salud, Departamento de Salud Ambiental y Centro de Movilidad Sostenible.
- 18: Listado de entrevistados disponible en Anexos de este informe.
- 19: La flota responde a la requerida para prestar la operación de los servicios asociados al programa de operación sancionado al 31-12-2025
- 20: Superintendencia de Electricidad y Combustibles de Chile, "Reglamento de Instalaciones de Consumo de Energía Eléctrica (RIC) N°15, Versión 2024", 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.sec.cl/sitio-web/wp-content/uploads/2024/03/RIC-N15-Version-2024.pdf>
- 21: Superintendencia de Electricidad y Combustibles de Chile, "Dashboard Cragadores . [En línea]. Disponible en: Microsoft Power BI
- 22: Ministerio del Medio Ambiente (MMA). (2017). Decreto Supremo N° 31, que establece el Plan de Prevención y Descontaminación Atmosférica para la Región Metropolitana de Santiago. [En línea]. Disponible en: <https://bcn.cl/2l69n>
- 23: Secretaría de Planificación de Transportes (SECTRA), "Sexto Reporte Anual de Emisiones del Sistema RED," Informe oficial, Santiago, Chile, diciembre 2024.
- 24: International Energy Agency (IEA), "Transport – Energy System," en IEA: Energy System, [En línea]. Disponible en: <https://www.iea.org/energy-system/transport> (IEA)
- 25: Cambio Climático MMA, "Emisiones de Gases de Efecto Invernadero," Ministerio del Medio Ambiente, Gobierno de Chile, 2025. [En línea]. Disponible en: <https://cambioclimatico.mma.gob.cl/emisiones/>
- 26: Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones, Decreto Supremo 129/2003 Establece norma de emisión de ruidos para buses de locomoción colectiva urbana y rural. [En línea]. Disponible en <https://bcn.cl/1DLuBC>
- 27: Directorio de Transporte Público Metropolitano (DTPM). (2025). Primer Informe de Electromovilidad del Sistema RED Movilidad. Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones, Gobierno de Chile. [En línea]. Disponible en <https://www.dtpm.cl/electromovilidad/>
- 28: Ministerio del Medio Ambiente de Chile. (s.f.). Red de Monitoreo de Ruido Ambiental. [En línea]. Disponible en <https://ruido.mma.gob.cl/red-de-monitoreo-de-ruido-ambiental/>
- 29: Centro de Movilidad Sostenible (CMS). Evaluación ex ante y ex post de la electrificación de flota de transporte público: impacto acústico y en calidad del aire en puntos estratégicos del Gran Santiago. Informe técnico elaborado por AirFlux para el CMS. (2026)
- 30: Proyecto CLETS – Evaluación de Impacto de Terminales Diesel y Eléctrico. Informe elaborado en el marco del convenio de colaboración entre el Ministerio del Medio Ambiente (MMA), la Agencia Chilena de Cooperación Internacional para el Desarrollo (AGCID) y el Banco de Desarrollo de América Latina y el Caribe (CAF). En preparación. 2025.
- 31: World Health Organization. (s.f.). AirQ+: software tool for health risk assessment of air pollution. OMS Oficina Regional para Europa. Disponible en: <https://www.who.int/europe/tools-and-toolkits/airq---software-tool-for-health-risk-assessment-of-air-pollution>
- 32: Basoa, K., Fleming, Z. L., Leiva, M. A., Concha, C., & Menares, C. (2025). Current status, trends, and future directions in Chilean air quality: A data-driven perspective. *Atmosphere*, 16(6), 733. [En línea] Disponible en: <https://doi.org/10.3390/atmos16060733>

33: Este texto corresponde a un adelanto del próximo reporte del ICCT, cuya publicación está prevista para 2026. Los resultados presentados derivan de un análisis preliminar y reflejan tendencias emergentes que serán desarrolladas en mayor profundidad en la versión final del informe.

34: Logiodice, P. y Delgado, O. (en preparación, 2025). Análisis de degradación de baterías en buses eléctricos de Santiago, Chile. International Council on Clean Transportation (ICCT).

35: EMTA (European Metropolitan Transport Authorities). (2024). EMTA Barometer 2024: Public transport statistics and trends [Informe]. [En línea] Disponible en: <https://www.emta.com/publications/article-emta-barometer-of-public-transport/>

36: Rivas, M. E., Calatayud, A., Hansz, M., & Brichetti, J. P. (2025). Fondo y financiamiento del transporte público en América Latina y el Caribe. Banco Interamericano de Desarrollo. [En línea] Disponible en: <https://publications.iadb.org/es/fondeo-y-financiamiento-del-transporte-publico-en-america-latina-y-el-caribe>

37: Ministerio de Energía. (2020). Estrategia Nacional de Hidrógeno Verde: Chile, proveedor de energía limpia para un planeta cero emisiones. Gobierno de Chile. [En línea] Disponible en: [https://energia.gob.cl/sites/default/files/estrategia\\_nacional\\_de\\_hidrogeno\\_verde\\_-\\_chile.pdf](https://energia.gob.cl/sites/default/files/estrategia_nacional_de_hidrogeno_verde_-_chile.pdf)

38: Ministerio de Energía. (2024). Plan de Acción de Hidrógeno Verde 2023-2030. Gobierno de Chile. [En línea] Disponible en: [https://energia.gob.cl/sites/default/files/documentos/202312\\_pdaccionhidrogenoverde\\_foliado.pdf](https://energia.gob.cl/sites/default/files/documentos/202312_pdaccionhidrogenoverde_foliado.pdf)

39: Programa Clima y Aire Limpio en Ciudades de América Latina (CALAC+). Estudio de evaluación técnico-económica para buses a hidrógeno: condiciones de operación en Santiago. Santiago de Chile, 2025.

40: CADEM, "Marcas Ciudadanas, Sin miedo: Más branding menos performance. Segundo Semestre 2025," 2025. [En línea]. Disponible en: <https://cadem.cl/estudios/marcas-ciudadanas-segundo-semester-2025-un-nuevo-ciclo/>

**Red** | *Siempre  
contigo*  
Movilidad