
UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARIA
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA COMERCIAL
SANTIAGO - CHILE



“ANÁLISIS DE LA IMPLEMENTACIÓN DE SOLUCIONES TECNO-
LÓGICAS EN ELECTROMOVILIDAD PARA LA OPTIMIZACIÓN EN
LA LICITACIÓN DE SERVICIOS DE FLOTAS EN LA LOGÍSTICA DE
DISTRIBUCIÓN EN CCU 2026-2027.”

DANIELA TELLO MUÑOZ
TESIS PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO COMERCIAL
PROFESOR GUÍA: PABLO ISLA MADARIAGA

JUNIO 2026



CONSTANCIA DE VALIDACIÓN Y CONFIDENCIALIDAD DE MONOGRAFÍA A REPOSITORIO ACADÉMICO

1.- IDENTIFICACIÓN DEL TRABAJO ACADÉMICO

Tipo de monografía (marcar una opción): ☒ Memoria o trabajo de título; ☐ Tesis de Postgrado;

Título del trabajo: Análisis de la implementación de soluciones tecnológicas en electromovilidad para la optimización en la licitación de servicios de flotas en la logística de distribución en CCU 2026-2027

Nombre del candidato(a): Daniela Carolina Tello Muñoz

Carrera / Grado: Ingeniería Comercial

Campus: Santiago Vitacura ; Departamento: Ingeniería Comercial

2.- VALIDACIÓN DEL PROFESOR GUÍA/DIRECTOR DE TESIS

Yo, Pablo Nolasco Isla Madariaga, en mi calidad de profesor(a) guía/director(a) del trabajo académico mencionado anteriormente DEJO CONSTANCIA que:

- He revisado esta versión del documento y corresponde a la versión final aprobada del trabajo.
- El trabajo cumple con los requisitos académicos y de formato establecidos por la institución

3.- EVALUACIÓN DE CONFIDENCIALIDAD POR PROPIEDAD INDUSTRIAL

☒ El trabajo **NO** contiene información que amerite confidencialidad y puede ser publicado de inmediato en repositorio con acceso abierto.

☐ El trabajo **CONTIENE** información con potenciales implicancias de propiedad industrial o intelectual y requiere un periodo de confidencialidad (embargo) por:

☐ 6 meses; ☐ 12 meses; ☐ 2 años; ☐ 3 años; ☐ 5 años; ☐ 10 años

Fundamentación de la necesidad de confidencialidad (obligatorio si se solicita embargo):

4.- FIRMAS

Profesor(a) guía o director(a) de memoria o tesis:

Fecha: 29-07-2026

; Firma:

Estudiante o Candidato(a):

Fecha: 29-07-2026

; Firma:

Este formulario debe ser insertado como página 2 de la memoria o tesis, completado y firmado por estudiante y profesor(a) antes de la entrega en portal PRISMA de Biblioteca USM.

INDICE

1. Problemática Planteada	7
1.1 Cambio climático	9
1.2 Emisiones de gases de efecto invernadero	10
1.3 Emisiones en el transporte a nivel mundial	14
1.4 Emisiones en el transporte en Chile	15
1.5 Normas y políticas en Chile	16
1.6 Problemáticas de la electromovilidad	22
2. Marco Teórico	28
2.1 Electromovilidad	28
2.1.1 Tipos de Vehículos Eléctricos:	28
2.1.2 Componentes clave:	32
2.1.3 Reutilización y Reciclaje de Baterías	34
2.2 Tecnologías en la Electromovilidad	36
2.2.1 Sistemas de Gestión de Flotas	36
2.2.2 Software de Optimización de Rutas	37
2.2.3 Sistemas de Carga	38
2.2.4 Smart charging o Carga Inteligente	39
2.3 Costos y Evaluación Económica	39
3. Estudio del Caso	43
3.1 Historia Empresa	44
3.1.1 Productos	45
3.2 Diagnóstico Inicial	51
3.3 Diagnóstico Interno	51
3.3.1 Construcción de Base de Datos	53
3.3.2 Análisis por macrozona	54
3.3.3 Análisis por Centro de Distribución	56
3.4 Diagnóstico Externo	57
3.4.1 Análisis Nacional	57
3.4.2 Análisis Internacional	60
3.5 Mercado de Camiones e Infraestructura	61
3.5.1 Grupo Kaufmann	62
3.5.2 ILASA	62

3.5.3 Volvo	63
3.5.4 SKC – JMC.....	63
3.5.5 Salfa.....	63
3.5.6 Porsche Chile	64
3.5.7 Indumotora	64
3.5.8 Movener.....	64
3.5.9 Enex.....	65
3.5.10 Copec Voltex.....	65
3.5.11 Enel X Way	65
3.5.12 Colbún Soluciones.....	65
3.6 Camiones eléctricos a batería	66
3.7. Análisis económico y despliegue temporal.....	69
4. Conclusiones	73
5. Referencias.....	78

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N°1	Representación del efecto invernadero con las emisiones de las distintas fuentes	9
Figura N°2	Principales emisiones de gases de efecto invernadero del mundo	10
Figura N°3	Emisiones globales de CO ₂	11
Figura N°4	Emisiones globales por sector	12
Figura N°5	Emisiones de CO ₂ por tipo de transporte	13
Figura N°6	Ley de Eficiencia Energética en Chile	16
Figura N°7	Plan de Descarbonización	18
Figura N°8	Programa Giro Limpio	19
Figura N°9	Estadística Giro Limpio: Transporte de Carga Terrestre – 2025.....	20
Figura N°10	Estructura de Vehículo BEV	28
Figura N°11	Estructura de Vehículo PHEV	29
Figura N°12	Estructura de Vehículo FCEV	30
Figura N°13	Principales productores de Litio en el Mundo	32
Figura N°14	Distribución CCU en Chile	46
Figura N°15	Distribución de Zonas	53
Figura N°16	Metas estrategia Nacional de Electromovilidad	56
Figura N°17	Tipo de Conectores	66
Figura N°18	Conectores	67
Figura N°19	TCO Camión Diésel	68
Figura N°20	TCO Camión Eléctrico	69
Figura N°21	Lay-out centro de carga	74

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N°1	Electrolineras Publicas en Chile	24
Tabla N°2	Distancia recorrida Principales Zonas	49
Tabla N°3	Ejemplo Cruce de Datos	52
Tabla N°4	Conteo Camiones por Macrozonas	54
Tabla N°5	Kilómetros recorridos por Macrozonas	54
Tabla N°6	Cantidad de Camiones por Centro de Distribución según año	71

1. Problemática Planteada

El cambio climático se ha consolidado como uno de los principales desafíos a nivel global, impulsado principalmente por el aumento sostenido de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) producto de la actividad humana. Entre estos gases, el dióxido de carbono (CO₂) es el principal responsable del calentamiento global, generado principalmente por la quema de combustibles fósiles en sectores como la industria, la generación de energía y el transporte. Este fenómeno ha provocado alteraciones significativas en los sistemas climáticos, tales como el aumento de la temperatura promedio del planeta, eventos climáticos extremos y cambios en los patrones de precipitación, lo que ha llevado a gobiernos y organizaciones a establecer compromisos de reducción de emisiones y metas en la emisión de carbono.

Dentro de los sectores que más contribuyen a las emisiones de GEI, el transporte juega un rol fundamental a nivel mundial. Se estima que este sector representa cerca de una cuarta parte de las emisiones globales de CO₂ asociadas a la energía, siendo el transporte terrestre el principal responsable dentro de esta categoría. En particular, el transporte de carga ha experimentado un crecimiento sostenido debido al aumento del comercio global y la demanda logística, lo que ha incrementado significativamente el consumo de combustibles fósiles, especialmente diésel. Esta situación ha generado una presión creciente por transformar el sistema de transporte hacia modelos más sostenibles, incorporando tecnologías limpias y eficientes.

En el caso de Chile, el transporte también constituye una fuente relevante de emisiones de gases de efecto invernadero, representando aproximadamente un tercio de las emisiones energéticas del país. El crecimiento del parque automotriz, junto con la expansión de las actividades logísticas y de distribución, ha intensificado este problema, especialmente en zonas urbanas y centros productivos. En este contexto, el país ha adoptado una serie de políticas públicas orientadas a la descarbonización, alineadas con los compromisos internacionales adquiridos en el marco del Acuerdo de París.

A nivel industrial, Chile ha avanzado en la implementación de normativas y estrategias para reducir las emisiones, destacando la Ley de Eficiencia Energética y la Estrategia Climática de Largo Plazo, las cuales buscan promover el uso eficiente de la energía, el desarrollo de tecnologías limpias y la transición hacia una economía baja en carbono. En paralelo, el sector transporte ha sido abordado mediante la Estrategia Nacional de Electromovilidad, que establece

metas ambiciosas, como alcanzar un 100% de ventas de vehículos cero emisiones hacia el año 2045 en el transporte de carga terrestre. Estas políticas buscan incentivar la adopción de vehículos eléctricos, el desarrollo de infraestructura de carga y la innovación tecnológica en el sector.

Sin embargo, a pesar de los avances regulatorios y tecnológicos, la implementación de soluciones de Electromovilidad enfrenta diversas problemáticas. Desde el punto de vista técnico, existen limitaciones asociadas a la autonomía de los vehículos eléctricos, los tiempos de carga y la capacidad de las baterías, especialmente en aplicaciones de transporte de carga que requieren largos recorridos y alta disponibilidad operativa. En el ámbito económico, los altos costos iniciales de inversión en vehículos eléctricos y en infraestructura de carga representan una barrera significativa para su adopción, particularmente para pequeñas y medianas empresas. A nivel operacional, la integración de estas tecnologías implica cambios en la planificación logística, la gestión de flotas y la capacitación del personal, lo que genera incertidumbre y resistencia al cambio en algunos actores del sector.

Adicionalmente, el contexto energético global, marcado por la volatilidad de los precios del petróleo, ha tenido un impacto significativo en la economía mundial. El petróleo continúa siendo una de las principales fuentes de energía a nivel global, y sus fluctuaciones de precio afectan directamente los costos de transporte, producción y distribución de bienes. Las crisis energéticas y las tensiones geopolíticas han evidenciado la vulnerabilidad de los sistemas económicos dependientes de combustibles fósiles, reforzando la necesidad de avanzar hacia fuentes de energía más limpias y estables, como la electricidad proveniente de energías renovables.

En este escenario, la transición hacia la electromovilidad se presenta como una alternativa clave para reducir las emisiones del sector transporte y avanzar hacia modelos de desarrollo más sostenibles. No obstante, su implementación requiere abordar de manera integral los desafíos técnicos, económicos y operacionales existentes, así como fortalecer las políticas públicas y los incentivos que permitan acelerar este proceso de transformación.

A continuación, se detallarán los aspectos más relevantes indicados anteriormente, con la finalidad de profundizar las ventajas y desventajas que componen la problemática actual en temas de Electromovilidad.

1.1 Cambio climático

El cambio climático corresponde a una alteración significativa y sostenida en los patrones climáticos del planeta, atribuida principalmente al incremento de las concentraciones de gases de efecto invernadero (GEI) en la atmósfera producto de actividades humanas.

Estas actividades son producto de condiciones naturales, donde la atmósfera contiene una cantidad equilibrada de gases como el dióxido de carbono (CO_2), el metano (CH_4) y el vapor de agua, los cuales permiten mantener una temperatura adecuada en la Tierra. Sin embargo, cuando se liberan grandes cantidades adicionales de estos gases, por ejemplo, mediante la quema de combustibles fósiles (petróleo, carbón y gas), la actividad industrial, el transporte y la deforestación se genera un desequilibrio en este sistema.

El proceso ocurre de la siguiente manera: la energía del Sol llega a la Tierra y calienta su superficie. Posteriormente, esa energía se reemite en forma de calor (radiación infrarroja) hacia la atmósfera. En condiciones normales, parte de ese calor escapa al espacio, pero cuando la concentración de gases de efecto invernadero aumenta, estos gases actúan como una barrera que atrapa una mayor cantidad de calor, impidiendo que se libere completamente.

A mayor cantidad de emisiones, mayor es la concentración de estos gases en la atmósfera, lo que incrementa la cantidad de calor retenido. Este fenómeno es lo que se conoce como efecto invernadero intensificado, y es la principal causa del calentamiento global.

Figura N°1: Representación efecto invernadero con las emisiones de las distintas fuentes.



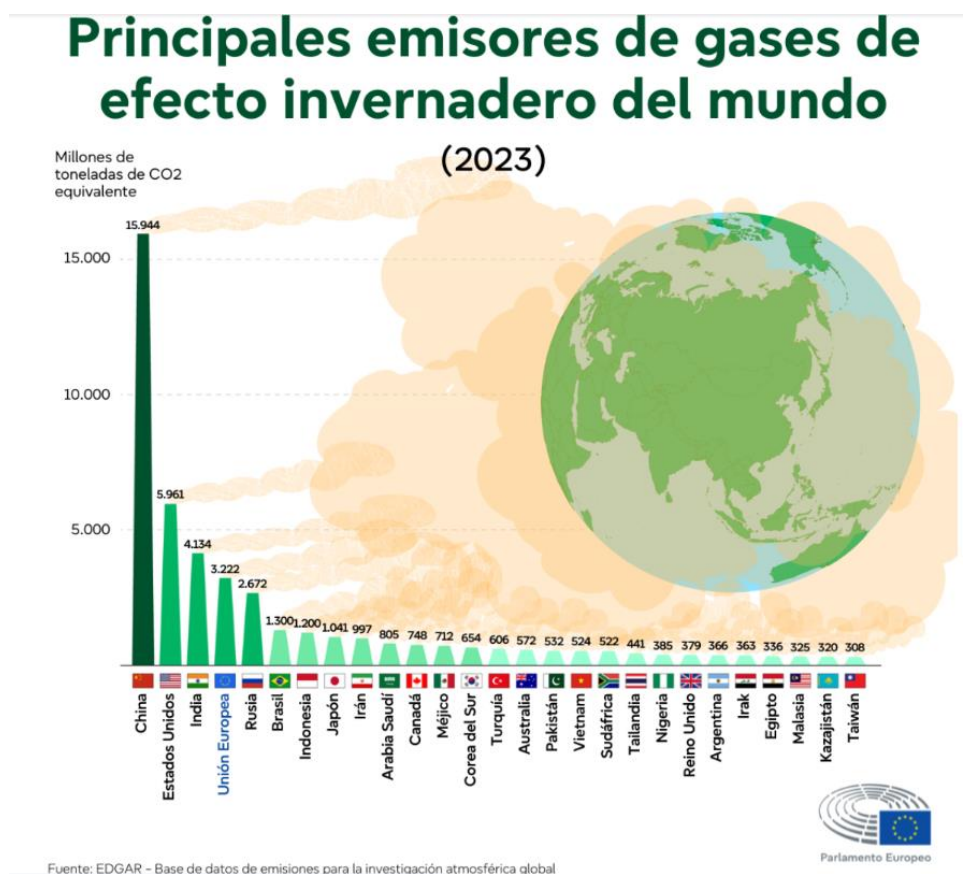
Fuente: Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático. (2019). Gases y compuestos de efecto invernadero (GYCEI)

Este fenómeno ha sido ampliamente documentado por organismos internacionales, evidenciando un aumento progresivo de la temperatura media global, el derretimiento de glaciares, el aumento del nivel del mar y la intensificación de eventos climáticos extremos. La base del problema radica en el desequilibrio del sistema climático, generado por la acumulación de gases que retienen el calor en la atmósfera, alterando el balance energético de la Tierra. En este contexto, el cambio climático no solo representa un desafío ambiental, sino también económico y social, afectando la productividad, la seguridad alimentaria, la disponibilidad de recursos hídricos y la estabilidad de los sistemas económicos a nivel global.

1.2 Emisiones de gases de efecto invernadero

Las emisiones de gases de efecto invernadero corresponden a la liberación de compuestos que contribuyen al calentamiento global, siendo los principales el dióxido de carbono (CO_2), el metano (CH_4) y el óxido nitroso (N_2O). Estas emisiones provienen principalmente de la quema de combustibles fósiles, procesos industriales, actividades agrícolas y deforestación.

Figura N°2: Principales emisiones de gases de efecto invernadero del Mundo



Fuente: Base de Datos de Emisiones para la Investigación Atmosférica Global, Comisión Europea, Centro Común de Investigación (JRC), publicado por el Parlamento Europa.

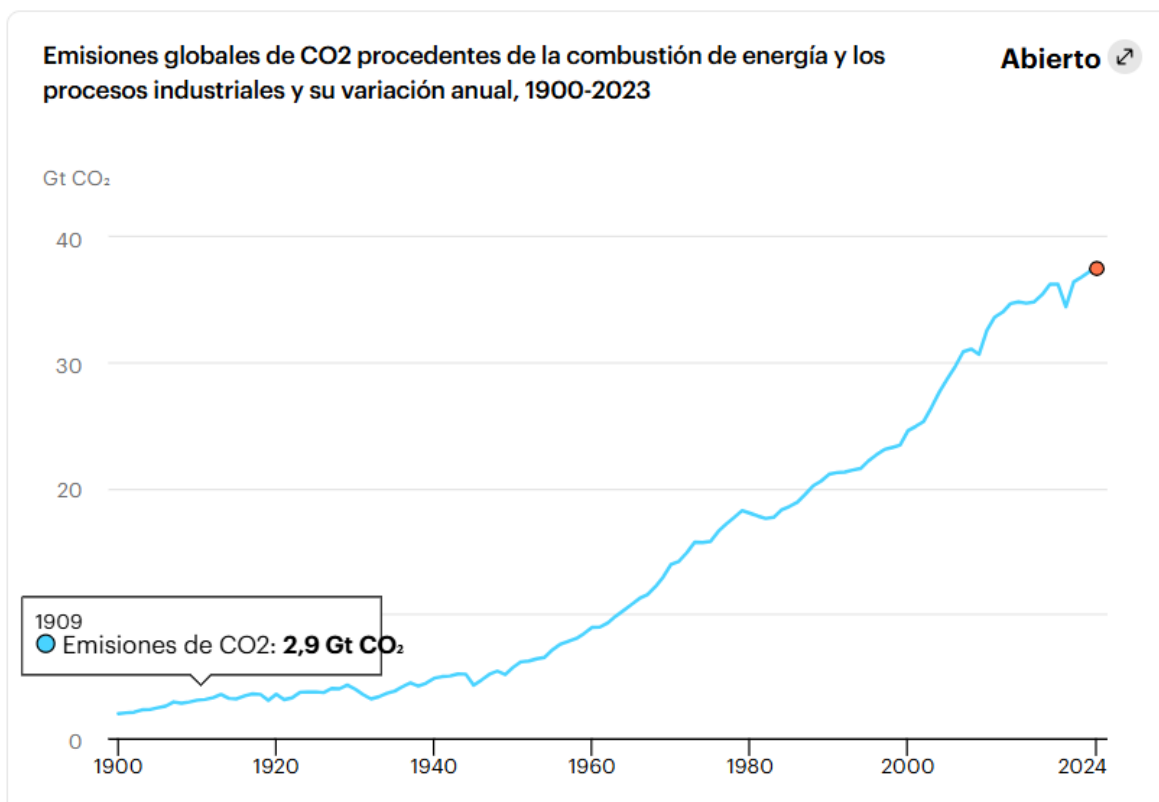
El CO₂ es el gas más relevante debido a su alta concentración y permanencia en la atmósfera, siendo responsable de la mayor parte del calentamiento global. La medición de estas emisiones se realiza generalmente en términos de CO₂ equivalente (CO₂e), lo que permite comparar el impacto de distintos gases. En las últimas décadas, el crecimiento económico y el aumento de la demanda energética han impulsado un incremento sostenido de las emisiones, generando una presión creciente sobre los sistemas naturales y obligando a los países a adoptar estrategias de mitigación orientadas a reducir su huella de carbono.

Las emisiones totales de CO₂ relacionadas con la energía aumentaron un 0,8 % en 2024, alcanzando un máximo histórico de 37,8 Gt (Giga - toneladas) de CO₂ . Este aumento contribuyó

a alcanzar concentraciones récord de CO₂ atmosférico de 422,5 ppm en 2024, aproximadamente 3 ppm más que en 2023 y un 50 % más que los niveles preindustriales. En 2024, las emisiones de CO₂ procedentes de la combustión de combustibles aumentaron en torno a un 1 %, o 357 Mt de CO₂ , mientras que las emisiones procedentes de procesos industriales disminuyeron un 2,3 %, o 62 Mt (Mega – Toneladas) de CO₂ . El crecimiento de las emisiones fue inferior al crecimiento del PIB mundial (+3,2 %), lo que restableció la tendencia de décadas de desacoplamiento entre el crecimiento de las emisiones y el crecimiento económico, que se había interrumpido en 2021.

A continuación, se muestra el grafico de emisiones globales de CO2 desde 1900 hasta 2024.

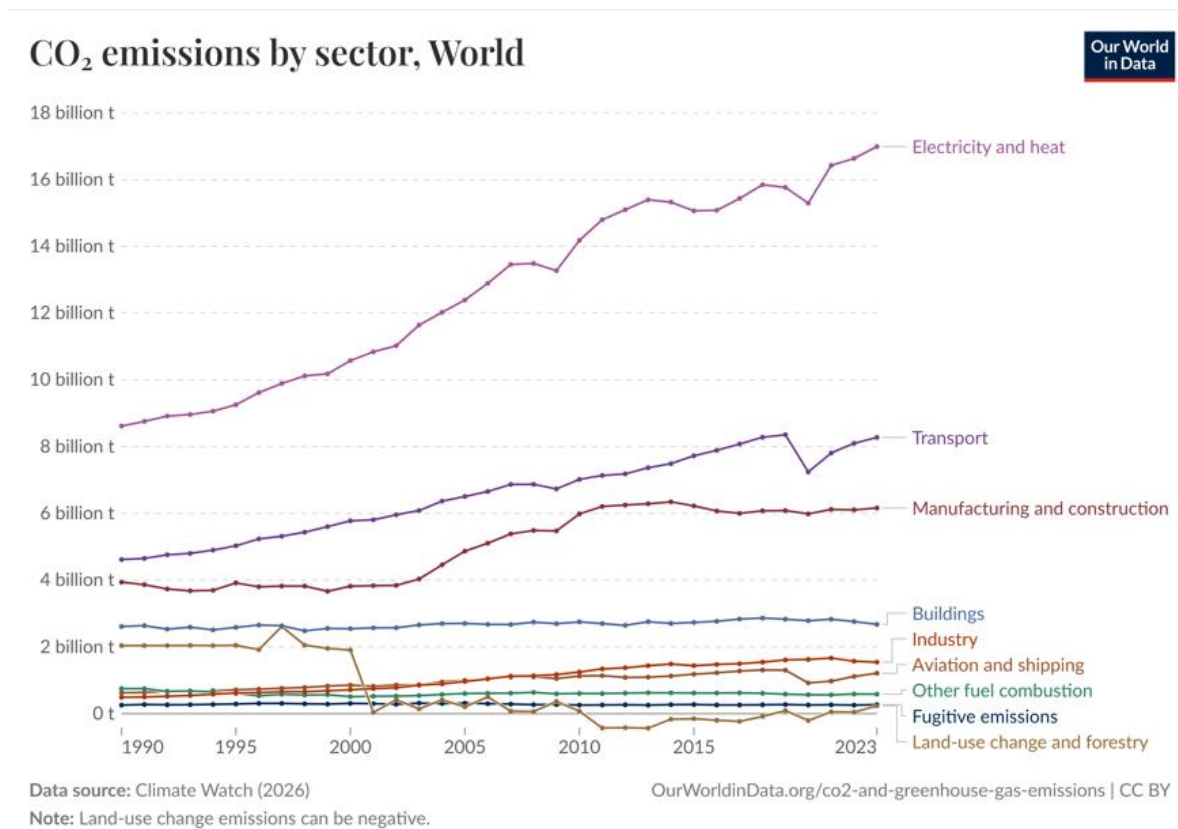
Figura N°3: Emisiones globales de CO2.



Fuente: Climate Watch (2026), adaptado de Emisiones por sector económico

En el siguiente grafico se muestra la distribución de las emisiones de CO₂ por sectores. El desglose global de CO₂ es similar al de los gases de efecto invernadero totales: predominan la producción de electricidad y calor, seguida del transporte, la industria manufacturera y la construcción. Al igual que las emisiones totales de gases de efecto invernadero, este desglose varía entre países.

Figura N°4: Emisiones globales por Sector.

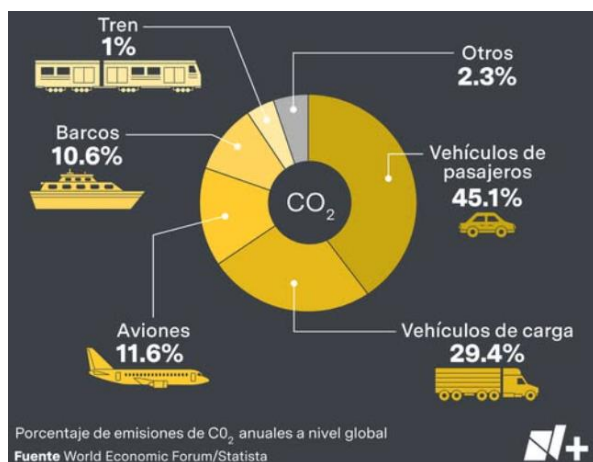


Fuente: Climate Watch (2026), adaptado de Emisiones por sector económico

1.3 Emisiones en el transporte a nivel mundial

El transporte constituye uno de los principales emisores a nivel global, ubicándose en el segundo sector con más aporte de gases de efecto invernadero.

Figura N°5: Emisiones de CO₂ por tipo de transporte.



Fuente: Climate Watch (2026), adaptado de Emisiones por sector económico

Dentro de este sector, el transporte terrestre es el principal contribuyente, debido a su alta dependencia de combustibles fósiles como el diésel y la gasolina. El crecimiento del comercio internacional, el aumento de la urbanización y la expansión de las cadenas logísticas han incrementado significativamente la demanda de transporte, especialmente en el segmento de carga. Este escenario ha llevado a una mayor presión sobre los sistemas energéticos y ha intensificado la necesidad de desarrollar soluciones sostenibles.

En respuesta, diversos países han comenzado a implementar regulaciones más estrictas, incentivos para tecnologías limpias y planes de electrificación del transporte, reconociendo que la transformación de este sector es clave para alcanzar los objetivos de reducción de emisiones a nivel global.

1.4 Emisiones en el transporte en Chile

En Chile, el sector transporte es uno de los principales responsables de las emisiones de gases de efecto invernadero dentro del sector energético, representando cerca de un tercio de las emisiones totales. Este fenómeno se explica por el crecimiento sostenido del parque vehicular, la expansión de las actividades económicas y la alta dependencia de combustibles fósiles. En particular, el transporte de carga juega un rol relevante debido a su función en la distribución de bienes a lo largo del país, lo que implica recorridos extensos y un alto consumo de diésel. Además, las características geográficas de Chile, con largas distancias y una alta concentración de población en la zona central, generan desafíos adicionales para la eficiencia del transporte. En este contexto, la reducción de emisiones en el sector transporte se ha convertido en una prioridad para el país, impulsando el desarrollo de políticas públicas orientadas a la electrificación y a la mejora de la eficiencia energética.

El parque automotriz en Chile ha experimentado un crecimiento sostenido durante las últimas décadas, convirtiéndose en uno de los fenómenos más relevantes en el desarrollo del transporte y la movilidad del país. A comienzos de la década del 2010, el parque automotriz chileno registraba aproximadamente 3,3 millones de vehículos. Sin embargo, en un periodo de poco más de diez años, esta cifra prácticamente se duplicó, alcanzando cerca de 6 millones de unidades hacia el año 2021, lo que representa un crecimiento cercano al 81%.

Durante los años posteriores, esta tendencia continuó, aunque con una leve desaceleración en la tasa de crecimiento. Para el año 2023, el parque automotriz superó los 6,5 millones de vehículos, con un aumento anual de aproximadamente 4,6%, lo que equivale a más de 280 mil unidades adicionales respecto al año anterior. En 2024, la cifra siguió en aumento, alcanzando más de 6,7 millones de vehículos en circulación, evidenciando una expansión constante, aunque a un ritmo más moderado.

Hacia 2026, las estimaciones indican que el parque automotriz en Chile se sitúa en torno a los 6,5 a 6,6 millones de vehículos motorizados, consolidando una tendencia de crecimiento sostenido en el tiempo. Este crecimiento ha sido acompañado por un aumento en la tasa de motorización, es decir, la cantidad de vehículos por habitante, lo que refleja un mayor acceso de la población a medios de transporte individual.

Uno de los aspectos relevantes en esta evolución es la predominancia del transporte particular dentro del parque automotriz. La mayor parte de los vehículos corresponde a automóviles livianos y SUV, seguidos por camionetas, lo que evidencia una fuerte orientación hacia el uso individual del transporte. Además, el mercado de vehículos usados ha tenido un rol clave en esta expansión, representando una proporción significativamente mayor que el mercado de vehículos nuevos, lo que facilita el acceso a vehículos a segmentos más amplios de la población.

Desde una perspectiva territorial, el crecimiento del parque automotriz no ha sido homogéneo. La Región Metropolitana concentra una parte importante del total nacional, superando ampliamente a otras regiones, lo que se explica por su densidad poblacional, actividad económica y nivel de ingresos. No obstante, regiones del norte del país también presentan altos niveles de motorización, asociados principalmente a la actividad minera y a mayores ingresos promedio.

En términos recientes, el parque automotriz también ha comenzado a experimentar una transformación tecnológica, impulsada por la incorporación de vehículos de bajas y cero emisiones. Si bien estos aún representan una proporción menor del total, su crecimiento ha sido significativo, reflejando una transición progresiva hacia tecnologías más sostenibles.

En síntesis, la evolución del parque automotriz en Chile se caracteriza por un crecimiento acelerado en las últimas décadas, una fuerte predominancia del transporte particular, una expansión territorial diferenciada y una incipiente transición hacia tecnologías más limpias. Este fenómeno ha generado importantes desafíos en términos de congestión, contaminación y planificación urbana, lo que refuerza la necesidad de avanzar hacia modelos de movilidad más sostenibles y eficientes.

1.5 Normas y políticas en Chile

El 13 de febrero del 2021, se publicó en el Diario Oficial la Ley N° 21.305 Sobre Eficiencia Energética cuyo objeto es promover el uso racional y eficiente de los recursos energéticos, Chile ha desarrollado un marco normativo robusto orientado a la descarbonización de su economía, destacando la Ley de Eficiencia Energética y la Estrategia Climática de Largo Plazo, las cuales establecen lineamientos para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y avanzar hacia el carbono neutral al año 2050, porque este eje de trabajo aportará con más

de un 35% de las reducciones de gases de efecto invernadero necesarias para alcanzar la meta.

Al aplicarse las medidas contempladas en la ley, al 2030 tendremos una reducción de intensidad energética del 10%, un ahorro acumulado de US\$15.200 millones y una reducción de 28,6 millones Toneladas de CO2. Esto equivale a evitar el recorrido anual de 15,8 millones de vehículos livianos o a la absorción anual de 1,8 millones de hectáreas de bosque nativo.

Estas políticas buscan promover el uso eficiente de la energía, la incorporación de energías renovables y la modernización de los procesos productivos. Asimismo, se han implementado instrumentos económicos como impuestos verdes y mecanismos de reporte de emisiones, que incentivan a las empresas a reducir su impacto ambiental.

En el ámbito industrial, estas regulaciones han impulsado la adopción de tecnologías más limpias y eficientes, así como la optimización de procesos, contribuyendo a una transformación gradual hacia modelos productivos más sostenibles.

Figura N°6: Ley eficiencia Energética en Chile



Fuente: Enel X (2021). Conoce la nueva Ley de Eficiencia Energética

Los beneficios de la Ley de Eficiencia Energética en Chile son:

- Sistemas de Gestión de Energía ayudarían a grandes empresas a reducir su consumo hasta un 10%.
- Fomentará la adquisición de vehículos eléctricos.
- Mayor acceso y estandarización para usuarios de Vehículos eléctricos.

La ley de descarbonización en Chile en términos específicos corresponde a la transformación de sectores clave como la generación eléctrica, la industria y el transporte, mediante el cierre progresivo de centrales a carbón, la incorporación de energías renovables, el desarrollo de tecnologías limpias y la electrificación de procesos productivos. Asimismo, estas normativas establecen compromisos obligatorios para el Estado y lineamientos para el sector privado, fomentando la eficiencia energética, la innovación y la reducción de la huella de carbono.

Dentro de las principales metas establecidas en la Política destacan las siguientes para el Sistema Eléctrico Nacional:

- 100% de energías cero emisiones al 2050 en generación eléctrica y 80% de energías renovables al 2030;
- 6.000 MW en sistemas de almacenamiento de energía en el Sistema Eléctrico Nacional al 2050, y, al menos, 2.000 MW antes del 2030, tales como baterías, bombeo hidráulico, aire comprimido, aire líquido, entre otras tecnologías.

En este contexto, este Plan de Descarbonización da continuidad al compromiso establecido en el primer Acuerdo de Retiro y/o Reconversión de Centrales a Carbón, suscrito entre empresas y el Gobierno de Chile durante 2019, y se centra en las acciones habilitantes para esta década, en el contexto de una etapa II de consolidación del proceso de descarbonización, coherente con la visión de Estado hacia el largo plazo y distintas iniciativas en curso, como se presenta en la siguiente figura.

Figura N°7 : Plan de Descarbonización.



Fuente: Ministerio de Energía de Chile (2023), Agenda inicial para un segundo tiempo de la transición energética.

Las estructuras del plan de descarbonización contemplan tres ejes que sustentan principalmente en permitir el retiro del carbón de la matriz eléctrica, y fomentar aceleradamente las condiciones de mercado, infraestructura y de operación de la red que permitirán que darán pie al cumplimiento de las metas nacionales climáticas, económicas y sociales del sector energía.

- **Eje 1: DESARROLLO URGENTE DE PROYECTOS ENERGÉTICOS PARA LA DESCARBONIZACIÓN NACIONAL**, se proponen medidas para impulsar el desarrollo de proyectos que permitirán compensar el retiro del carbón, considerando tanto proyectos de generación de energía y sistemas de almacenamiento, como medidas para promover la reconversión de centrales térmicas hacia combustibles de transición o alternativas de bajas emisiones, manteniendo así la actividad y los empleos.
- **Eje 2: TRANSMISIÓN ELÉCTRICA COMO HABILITANTE PARA LA CARBONO NEUTRALIDAD**; aborda la planificación, desarrollo, operación e inserción territorial del sistema de transmisión, infraestructura clave que habilitará la descarbonización de la red eléctrica.
- **Eje 3: OPERACIÓN DE CORTO PLAZO SEGURA Y FLEXIBLE EN UN SISTEMA ELÉCTRICO ALTAMENTE RENOVABLE**; abordan aspectos técnicos y regulatorios

relacionados al funcionamiento de los mercados eléctricos, tanto desde una perspectiva de corto plazo.

- **Eje 4 ROBUSTECIMIENTO DEL MERCADO DE LARGO PLAZO Y PROMOCIÓN DE ELECTRIFICACIÓN LIMPIA DE LA DEMANDA;** lo que incluye la operación y señales de precio, como de largo plazo enfocado en el diseño del mercado y las señales de inversión. El Eje 4 también incluye incentivos para que sectores intensivos en el uso de energía se electrifiquen y demanden contratos de energía limpia, lo que a su vez impulsará la descarbonización de la oferta de forma adaptada.

En el sector transporte, Chile ha impulsado la Estrategia Nacional de Electromovilidad, la cual establece metas ambiciosas para la adopción de vehículos eléctricos y la reducción de emisiones. Entre los objetivos más relevantes se encuentra que el 100% de las ventas de vehículos livianos sean cero emisiones hacia el año 2035 y que el transporte de carga terrestre alcance esta condición al año 2045. Además, se han desarrollado programas como “Giro Limpio”, orientados a mejorar la eficiencia energética del transporte de carga, así como incentivos para la incorporación de vehículos eléctricos y el desarrollo de infraestructura de carga.

Figura N°8: Programa Giro Limpio.

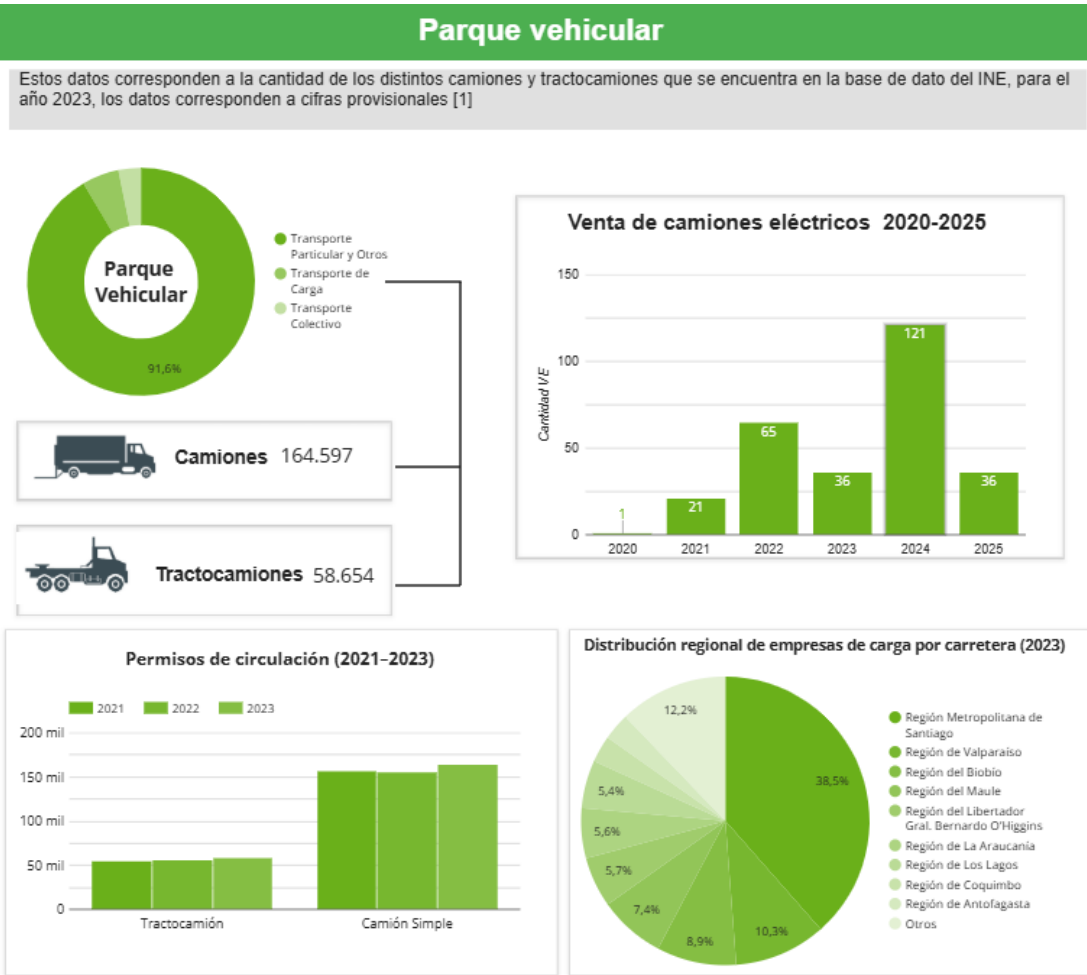


Fuente: Giro Limpio (s.f.), programa impulsado por el Ministerio de Energía de Chile.

Giro Limpio es un programa nacional voluntario y gratuito, administrado por la Agencia de Sostenibilidad Energética y financiado por el Ministerio de Energía, que busca certificar y reconocer los esfuerzos realizados por las empresas del rubro de transporte de carga en el ámbito de la sostenibilidad y la eficiencia energética.

Además, el programa Giro Limpio certifica a los Operadores Logísticos y a las empresas Generadoras de Carga que prefieran a los transportistas certificados Giro Limpio, contribuyendo así a reducir el consumo energético y las emisiones de Gases de Efecto Invernadero y de otros contaminantes locales que afectan la salud de las personas, disminuyendo el impacto ambiental de las diversas cadenas de valor en nuestro país.

Figura N°9: Estadística Giro Limpio: Transporte de carga Terrestre – 2025



Fuente: Ministerio de Energía de Chile (2025), Estadísticas Giro Limpio: Transporte de Carga Terrestre 2025.

La imagen presenta una visión general del parque vehicular de transporte de carga en Chile, destacando su composición, evolución y tendencias recientes. En primer lugar, se observa que el transporte de carga representa una proporción relevante dentro del parque vehicular total, con predominancia del transporte particular (91,6%), mientras que el transporte de carga y colectivo tiene una participación menor.

En términos de magnitud, el parque de carga está compuesto por aproximadamente 164.597 camiones y 58.654 tractocamiones, evidenciando una mayor presencia de camiones simples en la operación logística. Asimismo, los datos de permisos de circulación entre 2021 y 2023 muestran un crecimiento sostenido tanto en tractocamiones como en camiones simples, siendo estos últimos los de mayor volumen.

Respecto a la electromovilidad, se observa una tendencia creciente en la venta de camiones eléctricos entre 2020 y 2025, con un aumento significativo especialmente a partir de 2022, alcanzando su punto más alto en 2024. Esto refleja un proceso incipiente pero acelerado de adopción de tecnologías más limpias en el sector.

Finalmente, la distribución regional de empresas de transporte de carga muestra una alta concentración en la Región Metropolitana (38,5%), seguida por otras regiones como Valparaíso y Biobío, lo que evidencia una centralización de la actividad logística en las principales zonas económicas del país.

1.6 Problemáticas de la electromovilidad.

A pesar de los avances en electromovilidad, su implementación enfrenta diversas barreras que limitan su adopción a gran escala. Desde el punto de vista técnico, una de las principales limitaciones es la autonomía de los vehículos eléctricos, especialmente en el transporte de carga, donde se requieren recorridos largos y condiciones operativas exigentes. Asimismo, los tiempos de carga y la disponibilidad de infraestructura representan desafíos importantes, ya que pueden afectar la continuidad de las operaciones logísticas.

La autonomía de los camiones eléctricos en Chile es un factor clave que condiciona su adopción y uso en el sector logístico. Actualmente, el mercado nacional se encuentra en una etapa de desarrollo, donde predominan modelos orientados principalmente a la distribución urbana y operaciones de corta y media distancia. En términos generales, la autonomía de estos

vehículos varía según su tamaño, capacidad de carga y tecnología de baterías, situándose en un rango aproximado de entre 150 y 320 kilómetros por carga completa. Este nivel de autonomía resulta adecuado para operaciones dentro de ciudades o entre centros de distribución cercanos, pero aún presenta limitaciones para el transporte de larga distancia.

En el mercado chileno, diversos fabricantes han introducido modelos eléctricos que ya están siendo utilizados en operaciones reales. Por ejemplo, existen camiones livianos destinados a la última milla con autonomías cercanas a los 150 a 200 kilómetros, ideales para reparto urbano. En el segmento de camiones medianos, se observan autonomías que pueden alcanzar entre 200 y 300 kilómetros, lo que permite cubrir trayectos interurbanos cortos. Por su parte, algunos modelos de mayor capacidad han logrado autonomías cercanas a los 300 kilómetros o más, aunque su uso sigue siendo limitado debido a las condiciones operativas y a la infraestructura disponible en el país.

Es importante considerar que la autonomía real de los camiones eléctricos no depende únicamente de las especificaciones técnicas del fabricante, sino también de diversos factores operacionales. Entre estos, destaca el peso de la carga transportada, ya que un mayor nivel de carga implica un mayor consumo energético y, por ende, una reducción de la autonomía. Asimismo, las condiciones de la ruta influyen significativamente, siendo más eficiente la operación en entornos urbanos debido al uso del frenado regenerativo, mientras que, en carreteras o rutas con pendientes pronunciadas, como es común en varias zonas de Chile el consumo energético aumenta considerablemente.

Otro factor relevante es la planificación operativa, ya que el uso de sistemas auxiliares como aire acondicionado, así como las condiciones climáticas, pueden afectar el rendimiento de las baterías. En este sentido, la gestión eficiente de las rutas y de los ciclos de carga se vuelve fundamental para maximizar la autonomía y asegurar la continuidad operacional de los vehículos eléctricos.

En el ámbito económico, el alto costo inicial de los vehículos eléctricos y de la infraestructura de carga constituye una de las principales barreras para su adopción. Si bien los costos operacionales suelen ser menores en comparación con los vehículos diésel, la inversión inicial

sigue siendo un factor determinante en la toma de decisiones, especialmente para empresas de menor tamaño.

El costo asociado a los camiones eléctricos constituye uno de los factores más determinantes en la adopción de esta tecnología dentro del sector transporte. A diferencia de los camiones tradicionales a diésel, los vehículos eléctricos presentan un alto costo de inversión inicial (CAPEX), lo que representa una de las principales barreras para su implementación, especialmente en empresas de menor tamaño o con limitaciones de financiamiento. En el mercado chileno, los precios de los camiones eléctricos varían según su tamaño, capacidad y tecnología, pero en términos generales, un camión eléctrico puede costar entre un 2 a 3 veces más que su equivalente diésel, lo que coincide con tendencias observadas a nivel internacional.

En Chile, por ejemplo, modelos de camiones eléctricos medianos pueden alcanzar valores cercanos a los \$52 millones de pesos más IVA, como es el caso de ciertos modelos disponibles comercialmente en el país. En segmentos más avanzados o de mayor capacidad, los costos pueden superar ampliamente los \$100 millones de pesos, dependiendo de la autonomía, tecnología de baterías y configuración del vehículo. Este elevado costo inicial se explica principalmente por el valor de las baterías, que representan uno de los componentes más caros del sistema, así como por el nivel de innovación tecnológica incorporado en estos vehículos.

No obstante, al analizar el costo total de propiedad, los camiones eléctricos presentan ventajas económicas significativas en el largo plazo. En particular, estos vehículos tienen menores costos operacionales debido a la reducción en el consumo de combustible reemplazado por electricidad y a menores requerimientos de mantenimiento, ya que cuentan con menos componentes mecánicos en comparación con los motores de combustión interna. Estudios y experiencias internacionales indican que, a lo largo de su vida útil, un camión eléctrico puede llegar a ser hasta un 30% más económico en operación que un camión diésel.

En síntesis, si bien los camiones eléctricos presentan un costo inicial elevado que limita su adopción en el corto plazo, su menor costo operativo, junto con los beneficios ambientales y estratégicos, permiten proyectar que en el mediano y largo plazo se conviertan en una alternativa económicamente viable y competitiva frente a los vehículos tradicionales a combustión.

Desde una perspectiva operacional, la incorporación de electromovilidad implica cambios significativos en la gestión de flotas, la planificación de rutas y la capacitación del personal. La necesidad de adaptar los procesos logísticos a las características de los vehículos eléctricos genera incertidumbre y resistencia al cambio, lo que dificulta la implementación de estas tecnologías en el corto plazo.

Adicionalmente, es importante considerar los costos asociados a la infraestructura de carga, los cuales forman parte relevante de la inversión inicial. La implementación de puntos de carga en centros de distribución o bases operativas implica gastos en equipos, instalación eléctrica y adecuaciones de infraestructura, lo que puede incrementar significativamente el costo total del proyecto de electromovilidad. Sin embargo, estos costos pueden ser amortizados en el tiempo, especialmente en operaciones con alta frecuencia de uso y planificación eficiente de rutas.

Tabla N°1: Electrolineras Publicas en Chile.

REGIONES	CANTIDAD
Metropolitana	1353
Valparaíso	123
Libertador Bernardo O'Higgins	64
Los Lagos	58
Maule	47
BioBío	44
Coquimbo	43
La Araucanía	39
Antofagasta	34
Aisén del General Carlos Ibáñez del Campo	21
Ñuble	20
Atacama	20
Tarapacá	17
De los Ríos	15
Magallanes y de la Antartica Chilena	10
Arica y Parinacota	9
Total general	1917

Fuente: Ministerio de Energía de Chile (s.f.): Red Nacional de Carga para Vehículos Eléctricos

Si bien en Chile se ha evidenciado un crecimiento en la instalación de infraestructura de carga eléctrica, como lo demuestra la distribución de electrolineras a nivel regional, está aún presenta una fuerte concentración geográfica y una cobertura insuficiente para soportar de manera eficiente el transporte de carga en largas distancias. Tal como se observa en la información presentada, la Región Metropolitana concentra ampliamente la mayor cantidad de electrolineras (1.353 unidades), seguida muy por detrás por regiones como Valparaíso (123) y O'Higgins

(64), mientras que gran parte del territorio nacional presenta una disponibilidad significativamente menor.

Esta distribución desigual evidencia una brecha importante en la infraestructura, especialmente en regiones más alejadas o con menor densidad poblacional, donde la disponibilidad de puntos de carga es limitada. Regiones como Aysén, Magallanes o Arica y Parícuta cuentan con una cantidad muy reducida de electrolineras, lo que dificulta la operación continua de vehículos eléctricos en trayectos extensos. En consecuencia, la red actual no permite asegurar una cobertura adecuada para rutas logísticas de larga distancia, lo que representa una de las principales barreras para la masificación de la electromovilidad en el transporte de carga.

Desde una perspectiva operativa, el transporte de carga requiere altos niveles de disponibilidad y continuidad, lo que implica la necesidad de contar con infraestructura de carga estratégica, confiable y distribuida a lo largo de los principales corredores logísticos del país. Sin embargo, la concentración actual de electrolineras en zonas urbanas limita el uso de camiones eléctricos principalmente a operaciones de distribución urbana o interurbana de corta distancia, restringiendo su aplicación en rutas de mayor extensión.

En este contexto, aunque la infraestructura existente constituye un avance relevante hacia la electrificación del transporte, aún no es suficiente para garantizar un sistema de transporte de carga eléctrico eficiente a nivel nacional. Por lo tanto, resulta fundamental avanzar en el desarrollo de una red de carga más extensa, equilibrada y estratégicamente ubicada, que permita soportar operaciones logísticas de mayor alcance y contribuir de manera efectiva a la descarbonización del sector transporte.

A esta limitación se suma un factor crítico: los tiempos de carga de los vehículos eléctricos. A diferencia de los camiones diésel, cuyo proceso de abastecimiento toma solo algunos minutos, los camiones eléctricos requieren tiempos significativamente mayores para recargar sus baterías. Dependiendo del tipo de cargador, la capacidad de la batería y las condiciones operativas, los tiempos de carga pueden variar desde una hasta varias horas. Incluso en sistemas de carga rápida, los tiempos pueden oscilar entre 1 y 2 horas para alcanzar niveles adecuados de autonomía, lo que impacta directamente en la eficiencia operativa de las flotas.

Desde una perspectiva logística, estos tiempos representan una restricción relevante, ya que afectan la planificación de rutas, los ciclos de operación y la productividad de los vehículos. En operaciones de transporte de carga, donde la continuidad y la rapidez son factores clave, las detenciones prolongadas para carga pueden generar retrasos, mayores costos operacionales y una menor utilización de los activos. Además, la falta de infraestructura suficiente agrava este problema, ya que no siempre es posible acceder a puntos de carga disponibles en el momento requerido, generando tiempos de espera adicionales.

En este contexto, aunque la infraestructura existente constituye un avance relevante hacia la electrificación del transporte, la combinación de una red de carga insuficiente y tiempos prolongados de recarga limita la viabilidad del transporte de carga eléctrico en largas distancias. Por lo tanto, resulta fundamental avanzar en el desarrollo de tecnologías de carga más rápida, así como en la expansión estratégica de la infraestructura, con el fin de garantizar una operación eficiente y competitiva frente a los sistemas tradicionales basados en combustibles fósiles.

2. Marco Teórico

2.1 Electromovilidad

La electromovilidad se refiere al uso de vehículos impulsados por motores eléctricos alimentados mediante baterías o sistemas híbridos. En el caso del transporte de carga, los camiones eléctricos representan una alternativa tecnológica que permite reducir significativamente las emisiones de gases contaminantes.

Los camiones eléctricos utilizan energía almacenada en baterías para alimentar motores eléctricos, lo que elimina las emisiones directas de CO₂ durante su operación. Además, presentan ventajas operacionales como menores costos de mantenimiento y mayor eficiencia energética en comparación con los motores de combustión interna.

Sin embargo, esta tecnología también presenta desafíos importantes, entre los que destacan:

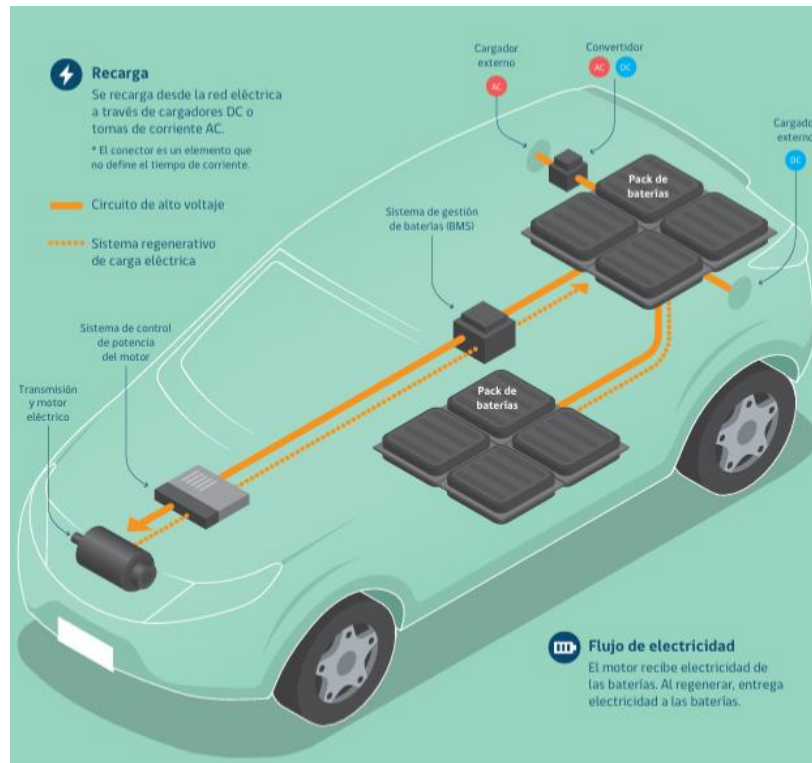
- Limitaciones en la autonomía de los vehículos.
- Tiempos de carga elevados dependiendo del tipo de infraestructura.
- Costos iniciales de inversión más altos.
- Necesidad de infraestructura de carga eléctrica.

A pesar de estas limitaciones, el desarrollo tecnológico y la disminución de los costos de las baterías han favorecido una adopción progresiva de este tipo de vehículos en distintas industrias.

2.1.1 Tipos de Vehículos Eléctricos:

En el contexto de la electromovilidad, los vehículos eléctricos se clasifican principalmente en tres categorías según su fuente de energía y nivel de electrificación: los vehículos eléctricos a batería (BEV, por sus siglas en inglés), los vehículos híbridos enchufables (PHEV) y los vehículos híbridos convencionales (HEV). Los BEV son aquellos que funcionan exclusivamente mediante energía eléctrica almacenada en baterías, eliminando completamente el uso de combustibles fósiles y, por ende, las emisiones directas de gases contaminantes, lo que los posiciona como la alternativa más limpia desde el punto de vista ambiental.

Figura N°10: Estructura de Vehículo BEV

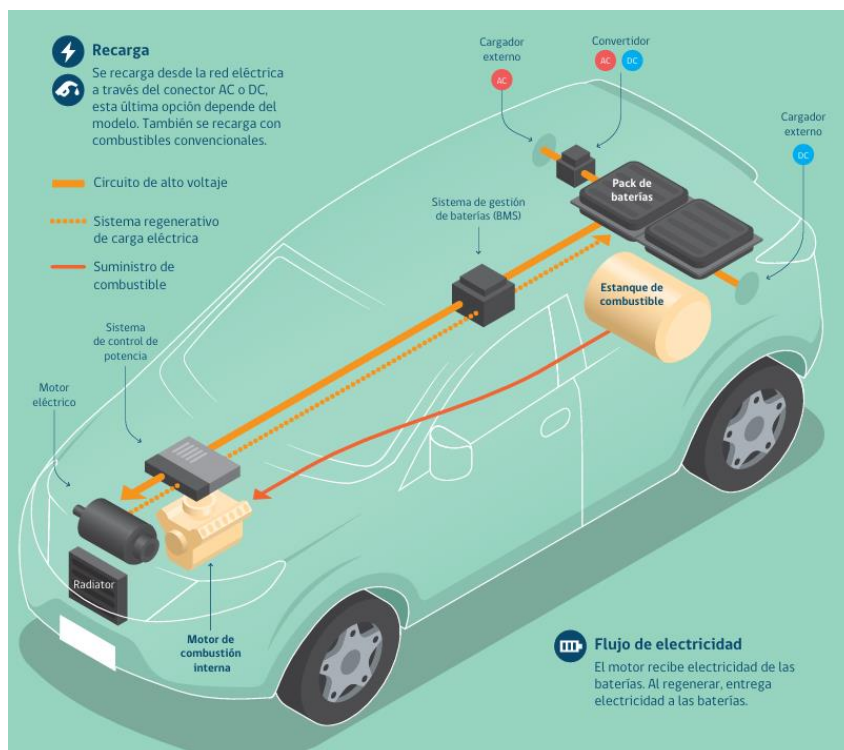


Fuente: Ministerio de Energía de Chile (s.f.), Tipos de vehículos eléctricos: BEV, PHEV y FCEV.

- **Presencia de Mercado**, Mayor presencia en el mercado para transporte urbano.
- **Emisiones**, Cero Emisiones en el tubo de escape, (no tiene).
- **Aplicaciones basadas en autonomías**, Transporte urbano, tanto de pasajeros como de carga. Los avances en tecnología de baterías están haciendo factible la operación interurbana (autonomías y tiempos de carga) por mejoras en las baterías, permitiendo mayor velocidad de carga y por mayores potencias de los cargadores.

Por su parte, los PHEV combinan un motor eléctrico con un motor de combustión interna, permitiendo recargar sus baterías mediante conexión a la red eléctrica y operar en modo totalmente eléctrico durante trayectos cortos, mientras que en recorridos más extensos utilizan el motor convencional como respaldo, ofreciendo mayor autonomía y flexibilidad operativa.

Figura N°11: Estructura de Vehículo PHEV



Fuente: Ministerio de Energía de Chile (s.f.), Tipos de vehículos eléctricos: BEV, PHEV y FCEV

- **Presencia de Mercado**, Menos presente en el mercado comparado a los BEV.
- **Emisiones** Produce si ocupa el motor de combustión interna.
- **Aplicaciones basadas en autonomías**, Tecnología de transición entre vehículo a combustión y 100% eléctrico. Aplicaciones en vehículos de pasajeros y de carga. Las autonomías de un PHEV son del orden de los 70-80 (km) en modo eléctrico. Si el viaje es mayor a estas distancias utiliza motor a combustión.

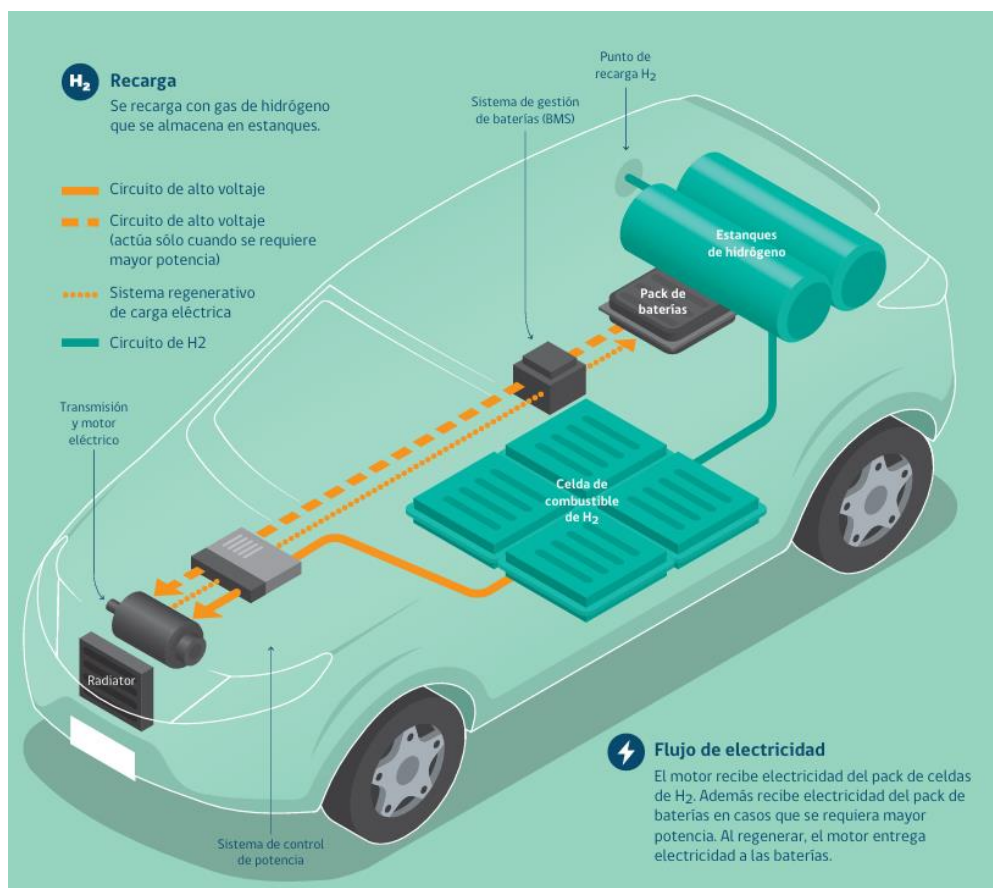
Por otra parte, los HEV también integran ambos sistemas de propulsión, pero a diferencia de los PHEV, no requieren ser enchufados, ya que sus baterías se recargan mediante el propio funcionamiento del vehículo, principalmente a través de la frenada regenerativa y el motor de combustión. La estructura de los vehículos HEV y PHEV es la misma, siendo esta la mostrada en la figura anterior.

Finalmente, existen los vehículos FCEV, (Fuel Cell Electric Vehicle) es un vehículo eléctrico de celda de combustible que utiliza hidrógeno para generar electricidad a bordo, produciendo solo vapor de agua y calor. Ofrece autonomías superiores a 500 km y procesos de carga

rápidos (aprox. 5 min), superando a los vehículos eléctricos de batería (BEV) en largas distancias.

Su funcionamiento se basa en el hidrógeno almacenado para convertirse en electricidad a través de una pila de combustible (generalmente PEM) para impulsar un motor eléctrico. El vehículo está compuesto por estanques de hidrógeno a alta presión, una pila de combustible, una batería pequeña auxiliar (para potencias puntuales y frenado regenerativo) y un motor eléctrico. Sus principales ventajas son cero emisiones locales, recarga rápida similar a la gasolina y mayor ligereza que un BEV equivalente.

Figura N°12: Estructura de Vehículo FCEV



Fuente: Ministerio de Energía de Chile (s.f.), Tipos de vehículos eléctricos: BEV, PHEV y FCEV

- **Presencia de Mercado**, Recarga Motor de combustión interna Se recarga con gas de hidrógeno que se almacena en estanques. Con menor presencia en el mercado respecto de BEV y PHEV.

- **Emisiones**, Cero Emisiones en el tubo de escape, (no tiene).
- **Aplicaciones basadas en autonomías**, Autonomías similares a un vehículo convencional (sobre 500 km), aplicaciones en transporte de carga, en viajes interurbanos.

Esta clasificación resulta fundamental para el análisis de soluciones de electromovilidad en flotas logísticas, ya que cada tipo presenta distintas implicancias en términos de costos, autonomía, infraestructura requerida y nivel de reducción de emisiones.

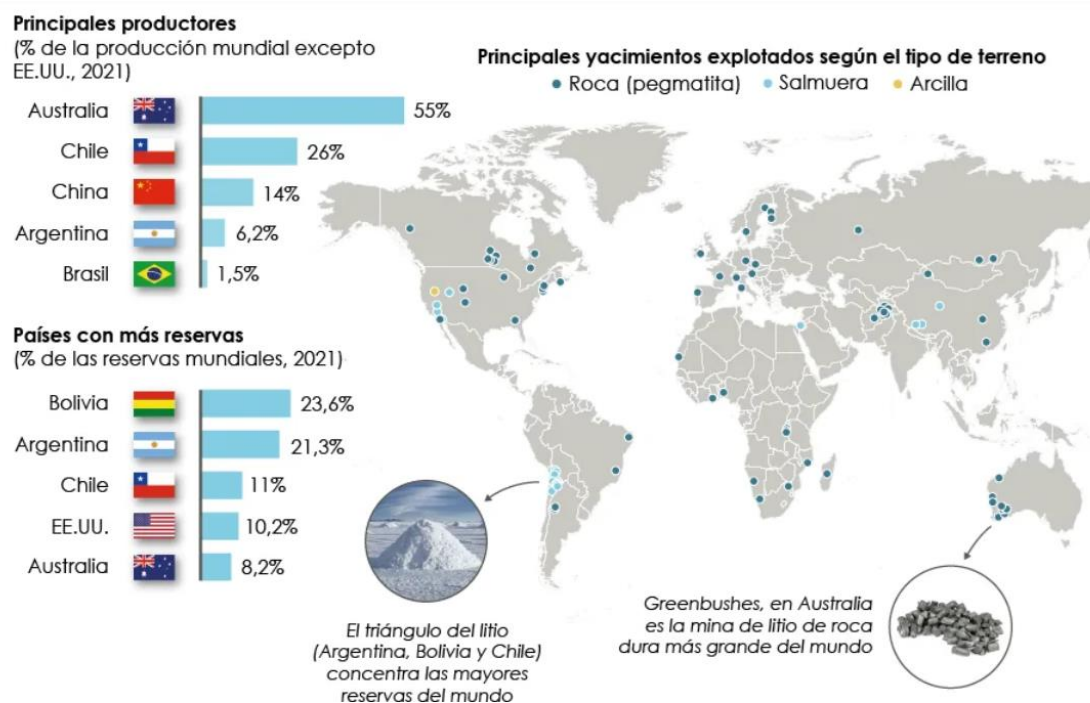
2.1.2 Componentes clave:

Dentro de los sistemas de electromovilidad, los componentes clave que determinan el desempeño, eficiencia y viabilidad operativa de los vehículos eléctricos son principalmente las baterías y los motores eléctricos. En primer lugar, las baterías generalmente de ion-litio constituyen el elemento central de almacenamiento de energía, siendo responsables de la autonomía del vehículo, es decir, la distancia que puede recorrer con una sola carga.

El motivo es que el litio es un componente importante de las baterías eléctricas junto a otros minerales como el níquel, el cobalto o el manganeso. De ahí que su valor tanpreciado y la búsqueda de alternativas para evitar su excesiva dependencia. Es más. Los países con litio en su territorio o con capacidad para importarlo tienen un papel importante.

Australia, Chile y China son los líderes mundiales en la extracción de litio, dominando la producción global. En 2024, Australia se posicionó como el mayor productor (88 000 toneladas), seguido por Chile (49 000 toneladas) y China (41 000 toneladas). Otros actores clave en la producción incluyen a Zimbabue, Argentina y Brasil.

Figura N°13: Principales Productores de Litio en el mundo



Fuente: El Orden Mundial (2024), Mapa de la producción de litio en el mundo.

Por otro lado, los motores eléctricos se encargan de transformar la energía almacenada en movimiento, destacando por su alta eficiencia energética, menor cantidad de componentes móviles y reducido mantenimiento en comparación con los motores de combustión interna. Asimismo, estos motores permiten una entrega inmediata de torque, lo que mejora el desempeño del vehículo, especialmente en entornos urbanos y de distribución.

En conjunto, ambos componentes configuran la base tecnológica de la electromovilidad, condicionando tanto el rendimiento operativo como los costos asociados a su implementación en flotas de transporte.

2.1.3 Reutilización y Reciclaje de Baterías

La innovación y la sostenibilidad son dos caras de la misma moneda: no se puede innovar sin ser sostenible. Enel X promueve iniciativas encaminadas al uso responsable de los recursos, armonizando los aspectos ecológicos, económicos y medioambientales en una economía circular a través de una implementación de un programa de reutilización y reciclaje de baterías.

Las baterías y los sistemas de almacenamiento representan una tecnología de vanguardia para las industrias estratégicas a las que se dedica la empresa y las industrias relacionadas con ella. El uso más eficiente, el reciclaje y la reutilización de las baterías y el almacenamiento son claves para garantizar una sostenibilidad de 360°, con especial énfasis en los aspectos medioambientales y económicos.

Uno de los retos a los que se enfrenta la Generación Térmica Mundial es la gestión del final de la vida útil de los sistemas de almacenamiento de energía y, en particular, de las baterías de litio, que en los últimos años y sobre todo en el futuro próximo desempeñarán un papel fundamental en la transición energética.

Solo en China, uno de los mayores mercados actualmente activos para los coches eléctricos, se estima que en 2019 se desecharon unas 110.000 toneladas de baterías. Hasta la fecha, las tecnologías de reciclaje permiten recuperar el 95% de los materiales utilizados para fabricar el cátodo de las baterías de litio. Independientemente de la degradación de la pila, los metales preciosos utilizados para fabricarla pueden reutilizarse para producir nuevo material catódico, ya que su calidad permanece prácticamente inalterada durante su uso.

El proceso de reciclaje de baterías se realiza en primer lugar, mediante la trituración y una posterior separación de los residuos de plomo, por una parte, y los sulfuros por otro en una planta de reciclaje. Durante el proceso se utiliza agua industrial para lavar el plástico de las baterías. Este plástico luego es granulado y transformado en pellet para exportarlo y convertirlo en nuevas baterías.

Posteriormente, el plomo es enviado a una red de dosificadores donde se mezcla con los insumos y se incorporan en el horno de fundición, de esto se obtiene plomo metálico, el que

luego es reutilizado para; ser exportado y crear nuevas baterías y para crear ánodos para la minería.

Los beneficios del reciclaje de baterías son:

- Dar una segunda vida a las baterías, reutilizándolas de formas diferentes, pero igualmente eficaces, también conlleva beneficios económicos.
- Convencionalmente, se considera que una batería usada de vehículo eléctrico está al final de su vida útil cuando su capacidad residual cae por debajo del 70-80%. En realidad, esa misma batería puede utilizarse eficazmente en sistemas estacionarios de almacenamiento de energía, tanto para aplicaciones residenciales como comerciales, y para sistemas de mayor tamaño que den servicio a la red.
- El uso eficiente, la reutilización del almacenamiento y el reciclaje de baterías de coche y otros tipos es cada vez más clave, hasta el punto de configurar proyectos específicos de desarrollo tecnológico, catalizar la financiación para su implantación y crear cadenas de producción especializadas en el segmento.
- La recuperación de una cantidad cada vez mayor de materiales de una batería de litio, que actualmente es la más común en el mercado, debido a los teléfonos inteligentes y los coches eléctricos, conlleva beneficios medioambientales, tanto en la fase de extracción como en la de eliminación. Para la extracción y el procesamiento de una tonelada de litio se necesitan unas 1900 toneladas de agua, mientras que para producir la misma tonelada de litio a partir del reciclaje se necesitarían 28 toneladas de baterías agotadas.

Otro aspecto importante es la Ley de Responsabilidad Extendida del Productor sobre reciclaje de residuos, en el año 2016 se publicó la Ley 20.920, denominada “Responsabilidad Extendida del Productor” (REP). Esta normativa busca incorporar instrumentos económicos que generen mecanismos que permitan aumentar el reciclaje de residuos que hoy van a los rellenos sanitarios o en vertederos. Sin embargo, a partir de este año comenzaremos a ver los efectos de ella.

¿Qué quiere decir esto? Mediante decretos supremos, la ley establecerá metas anuales de recolección y reciclaje que deben implementar las industrias y productores de los denominados

“seis productos prioritarios”. Estos son los neumáticos; pilas; aceites lubricantes; artículos eléctricos y electrodomésticos; baterías eléctricas; y envases y embalajes.

2.2 Tecnologías en la Electromovilidad

Las tecnologías asociadas a la electromovilidad constituyen un elemento fundamental para maximizar el desempeño y la eficiencia de las flotas eléctricas, especialmente en contextos logísticos donde la planificación y el control operativo son críticos. En este sentido, la incorporación de soluciones tecnológicas permite no solo gestionar de manera más eficiente los vehículos, sino también optimizar el uso de los recursos energéticos y mejorar la toma de decisiones. Entre estas tecnologías destacan los sistemas de gestión de flotas basados en telemetría, GPS que permiten monitorear en tiempo real variables como ubicación, consumo energético y estado del vehículo. Asimismo, el uso de software de optimización de rutas contribuye a reducir tiempos de traslado y costos operacionales, considerando variables como tráfico, autonomía y puntos de carga disponibles. Por otro lado, los sistemas de carga, incluyendo electrolineras y soluciones de carga rápida o lenta, junto con herramientas de smart charging o carga inteligente, permiten una gestión eficiente de la energía, evitando sobrecargas y optimizando los horarios de recarga. En conjunto, estas tecnologías son habilitadores clave para la implementación exitosa de la electromovilidad en flotas de distribución.

2.2.1 Sistemas de Gestión de Flotas

Los sistemas de gestión de flotas basados en telemetría, GPS e Internet, representan una herramienta clave en la modernización de la logística de distribución, especialmente en el contexto de la electromovilidad. Estas tecnologías permiten monitorear en tiempo real el desempeño de los vehículos, integrando información relevante como la ubicación geográfica, velocidad, estado de carga de la batería, consumo energético, patrones de conducción y condiciones operativas. La telemetría, en particular, facilita la recolección y transmisión de datos desde el vehículo hacia plataformas centralizadas, mientras que el GPS permite una geolocalización precisa para el seguimiento y control de rutas.

En el caso de flotas eléctricas, estos sistemas adquieren aún mayor relevancia, ya que permiten gestionar variables críticas como la autonomía disponible, los tiempos de recarga y la planificación de rutas en función de la energía restante. Esto contribuye a evitar fallas operativas, como la detención de vehículos por falta de carga, y optimiza el uso de la infraestructura disponible. Asimismo, el análisis de los datos recopilados permite identificar oportunidades de mejora en la eficiencia energética, reducir costos operacionales y fomentar prácticas de conducción más eficientes. En este sentido, los sistemas de gestión de flotas no solo cumplen un rol operativo, sino también estratégico, al proporcionar información clave para la toma de decisiones en procesos como la evaluación de proveedores y la optimización de licitaciones de servicios de transporte.

2.2.2 Software de Optimización de Rutas

El software de optimización de rutas constituye una herramienta fundamental en la gestión eficiente de operaciones logísticas, especialmente en el contexto de flotas eléctricas, donde la planificación debe considerar restricciones adicionales asociadas a la autonomía y disponibilidad de puntos de carga. Estas soluciones tecnológicas utilizan algoritmos avanzados para determinar las rutas más eficientes, minimizando variables como la distancia recorrida, los tiempos de entrega y los costos operacionales, al mismo tiempo que integran factores dinámicos como el tráfico, las ventanas de tiempo de los clientes y las condiciones de operación.

En el ámbito de la electromovilidad, la optimización de rutas adquiere una relevancia aún mayor, ya que permite planificar recorridos en función del estado de carga de las baterías, identificando puntos estratégicos de recarga y evitando interrupciones en la operación. Además, estos sistemas pueden adaptarse en tiempo real ante contingencias, recalculando rutas frente a cambios en la demanda o en las condiciones del entorno. Desde una perspectiva estratégica, la implementación de este tipo de software contribuye a mejorar la productividad de la flota, reducir el consumo energético y aumentar el nivel de servicio, aspectos clave en procesos de licitación donde la eficiencia operativa y la sostenibilidad son criterios cada vez más relevantes. De esta manera, el uso de herramientas de optimización de rutas se posiciona como un habilitador esencial para la integración exitosa de soluciones de electromovilidad en la logística de distribución.

2.2.3 Sistemas de Carga

Los sistemas de carga constituyen uno de los elementos más críticos para la implementación efectiva de la electromovilidad, especialmente en operaciones logísticas donde la continuidad operacional y los tiempos de respuesta son factores clave. Estos sistemas comprenden la infraestructura necesaria para suministrar energía a los vehículos eléctricos, destacando principalmente las electrolíneas y los distintos tipos de carga, como la carga lenta, semi-rápida y rápida. La carga lenta, generalmente realizada en corriente alterna (AC), es utilizada principalmente en centros de distribución o puntos de estacionamiento prolongado, permitiendo recargas completas durante periodos extendidos, como la noche. Por otro lado, la carga rápida, que opera en corriente continua (DC), permite recuperar un porcentaje significativo de la batería en tiempos considerablemente menores, lo que resulta fundamental para operaciones que requieren alta disponibilidad de los vehículos durante el día. Entre ambos extremos, la carga semi-rápida se presenta como una alternativa intermedia, equilibrando tiempos de carga y costos de infraestructura.

En este contexto, las electrolíneas cumplen un rol estratégico al proporcionar puntos de abastecimiento energético en ubicaciones clave, tanto dentro de instalaciones privadas como en la vía pública. Sin embargo, en países como Chile, la cobertura de esta infraestructura aún es limitada, especialmente en rutas interurbanas o zonas alejadas de centros urbanos, lo que representa una de las principales barreras para la adopción masiva de vehículos eléctricos en el transporte de carga. A esta limitación se suma el desafío asociado a los tiempos de carga, que, aun con tecnologías de carga rápida, pueden ser significativamente mayores en comparación con el tiempo de abastecimiento de combustibles tradicionales, afectando la planificación logística y la productividad de la flota.

Adicionalmente, la implementación de sistemas de carga implica considerar aspectos técnicos y económicos relevantes, tales como la capacidad de la red eléctrica, la necesidad de inversiones en infraestructura, la gestión de la demanda energética y la compatibilidad de los equipos con los distintos tipos de vehículos. En este sentido, la planificación adecuada de la infraestructura de carga se vuelve un factor determinante para garantizar la eficiencia operativa y la viabilidad económica de la electromovilidad en flotas de distribución. Por lo tanto, los siste-

mas de carga no solo representan un componente técnico, sino también un elemento estratégico que condiciona directamente la adopción, desempeño y escalabilidad de soluciones eléctricas en el sector logístico.

2.2.4 Smart charging o Carga Inteligente

El smart charging, o carga inteligente, junto con la gestión energética, constituye un componente estratégico en la implementación eficiente de la electromovilidad, especialmente en flotas de transporte donde la demanda energética puede ser significativa. Este enfoque se basa en el uso de tecnologías digitales y sistemas de control que permiten optimizar los procesos de carga de los vehículos eléctricos, gestionando de manera eficiente variables como los horarios de recarga, la potencia utilizada, la disponibilidad de la red eléctrica y los costos de la energía. A diferencia de los sistemas de carga convencionales, el smart charging permite programar y coordinar la carga de múltiples vehículos de forma simultánea, evitando sobrecargas en la red y aprovechando tarifas eléctricas más económicas en horarios de menor demanda.

En el contexto logístico, la gestión energética cobra especial relevancia, ya que permite equilibrar el consumo de energía entre distintos activos, priorizar la carga de vehículos según necesidades operativas y asegurar la continuidad del servicio. Asimismo, mediante la integración de plataformas digitales, es posible monitorear en tiempo real el consumo energético, identificar patrones de uso y aplicar estrategias de optimización que reduzcan costos operacionales. Este tipo de soluciones también puede incorporar fuentes de energía renovable, como sistemas fotovoltaicos, contribuyendo a una operación más sostenible y alineada con los objetivos de descarbonización. En conjunto, el smart charging y la gestión energética permiten no solo mejorar la eficiencia del sistema eléctrico asociado a la flota, sino también maximizar el rendimiento operativo y económico de la electromovilidad en entornos de distribución.

2.3 Costos y Evaluación Económica

El análisis de costos y la evaluación económica constituyen un aspecto fundamental en la adopción de soluciones de electromovilidad, especialmente en el contexto de flotas logísticas donde las decisiones de inversión deben sustentarse en criterios de eficiencia y rentabilidad a largo plazo. En este sentido, el concepto de Costo Total de Propiedad se posiciona como una

herramienta clave, ya que permite evaluar de manera integral todos los costos asociados al ciclo de vida de un vehículo, más allá de su precio de adquisición. Este enfoque considera tanto los costos de inversión inicial (CAPEX) como los costos operacionales (OPEX), permitiendo una comparación más precisa entre vehículos de combustión interna y vehículos eléctricos.

En primer lugar, el CAPEX corresponde a la inversión inicial necesaria para la adquisición del vehículo y, en el caso de la electromovilidad, también puede incluir la instalación de infraestructura de carga y adecuaciones eléctricas. Generalmente, los vehículos eléctricos presentan un costo de compra más elevado en comparación con sus equivalentes diésel, debido principalmente al valor de las baterías. Sin embargo, esta diferencia inicial puede ser compensada a lo largo del tiempo mediante menores costos operacionales.

Por otro lado, el OPEX incluye todos los costos asociados a la operación del vehículo, tales como consumo energético, mantenimiento, seguros y otros gastos recurrentes. En este ámbito, los vehículos eléctricos presentan ventajas significativas, ya que el costo de la energía eléctrica es, en la mayoría de los casos, inferior al de los combustibles fósiles, y, además, los motores eléctricos requieren menos mantenimiento debido a la menor cantidad de componentes móviles y ausencia de sistemas complejos como transmisiones, sistemas de escape o cambios de aceite. Esto se traduce en una reducción considerable de los costos de mantención y una mayor disponibilidad operativa de la flota.

Al comparar vehículos diésel con vehículos eléctricos, es importante considerar no solo los costos directos, sino también factores como la eficiencia energética, la estabilidad de los precios de la energía y las externalidades asociadas, como las emisiones contaminantes. Si bien los vehículos diésel pueden presentar una ventaja en términos de costo inicial y autonomía, los vehículos eléctricos destacan por su menor costo por kilómetro recorrido, menor impacto ambiental y mayor alineación con políticas de sostenibilidad.

Otro aspecto relevante dentro del análisis económico es la vida útil de las baterías, ya que estas representan uno de los componentes más costosos del vehículo eléctrico. Si bien las baterías de ion-litio han experimentado importantes avances tecnológicos, su degradación con

el tiempo puede afectar la autonomía y generar la necesidad de reemplazo. No obstante, en muchos casos, la vida útil de las baterías es suficiente para cubrir el ciclo operativo del vehículo dentro de una flota, y su reutilización o reciclaje abre oportunidades adicionales desde una perspectiva de economía circular.

Finalmente, es importante considerar los incentivos económicos y regulatorios que promueven la adopción de la electromovilidad. En diversos países, incluyendo Chile, existen beneficios como subsidios, exenciones tributarias, reducción de permisos de circulación y programas de apoyo a la inversión en infraestructura de carga, lo que contribuye a mejorar la competitividad de los vehículos eléctricos frente a las alternativas tradicionales.

Los Beneficios establecidos en Chile, al año 2026, existe un conjunto de medidas impulsadas por el Estado (leyes 21.305 y 21.505, junto con la Estrategia Nacional de Electromovilidad) que otorgan beneficios directos a los vehículos eléctricos (BEV) e híbridos enchufables (PHEV), mejorando su competitividad frente a las alternativas tradicionales a combustión.

A continuación, se detalla el estado de estos beneficios:

- Reducción en Permisos de Circulación: Tras el periodo de exención total (2024-2025), a partir de 2026 y hasta 2027, los vehículos eléctricos e híbridos con recarga exterior fabricados desde 2021 pagan solo el 25% del impuesto anual por permiso de circulación (descuento del 75%). Este beneficio continuará siendo progresivo hasta 2031.
- Exenciones Tributarias y "Impuesto Verde": Los vehículos 100% eléctricos están exentos del "impuesto verde" (o impuesto a la primera inscripción) que grava las emisiones de CO₂ de los autos convencionales, lo que supone un ahorro significativo en la compra. Además, se están discutiendo mejoras para permitir que las empresas deduzcan el IVA en la compra y operación de cualquier vehículo eléctrico, no solo furgones.

Subsidios y Programas de Apoyo a la Inversión:

- Mi Taxi Eléctrico: Programa estatal que otorga subsidios directos (a menudo superiores a \$3 millones) para el recambio de taxis tradicionales por eléctricos.
- Infraestructura de Carga: El Plan Maestro de Infraestructura de Carga Pública (PMICP) busca garantizar puntos de carga cada 100 km, focalizándose en el desarrollo de redes públicas y privadas.

- Apoyo Empresarial: La CORFO ha ampliado sus créditos verdes para el financiamiento de flotas corporativas y la Agencia de Sostenibilidad Energética apoya la instalación de infraestructura de carga en empresas.
- Competitividad frente a alternativas tradicionales: Estas medidas, sumadas a la alta eficiencia energética (un motor eléctrico es alrededor 95% eficiente frente a un 30% de uno a combustión), generan ahorros operativos que hacen que el costo por kilómetro sea aproximadamente una quinta parte del de un auto de gasolina o diésel.

Estas políticas posicionan a Chile como un referente en Latinoamérica, fomentando el carbono neutralidad y reduciendo los costos de mantenimiento y operación para los usuarios. Por consiguiente, en contexto general, la evaluación económica basada en el costo total de propiedad permite evidenciar que, a pesar de un mayor costo inicial, la electromovilidad puede representar una opción más eficiente y sostenible en el mediano y largo plazo, especialmente en aplicaciones logísticas donde el uso intensivo de los vehículos maximiza los beneficios operacionales.

3. Estudio del Caso

En el contexto actual de transición energética y creciente preocupación por el impacto ambiental de las operaciones industriales, las empresas del sector de consumo masivo enfrentan el desafío de adaptar sus modelos logísticos hacia esquemas más sostenibles y eficientes. En particular, la distribución de productos es caracterizada por un alto nivel de intensidad en transporte y consumo de combustibles fósiles y se ha convertido en un foco estratégico para la reducción de emisiones y optimización de costos operacionales.

En este escenario, la electromovilidad emerge como una alternativa relevante para transformar las operaciones de transporte, especialmente en entornos urbanos, donde la presión regulatoria, los costos energéticos y las exigencias medioambientales son cada vez mayores. La incorporación de vehículos eléctricos en flotas de distribución no solo permite disminuir la huella de carbono, sino también mejorar la eficiencia energética y reducir costos asociados al mantenimiento y consumo de combustible.

El presente estudio se desarrolla en el contexto de CCU, una de las principales empresas del rubro de bebidas en Sudamérica, cuya operación logística constituye un elemento central para la distribución de sus productos a lo largo del territorio. Dada la magnitud de su red de distribución y la relevancia de su flota de transporte, la compañía representa un caso de estudio pertinente para analizar la factibilidad y los impactos de la implementación de soluciones de electromovilidad en operaciones reales de gran escala.

En este sentido, el análisis aplicado a CCU permitirá evaluar tanto los beneficios potenciales como las principales barreras asociadas a la adopción de vehículos eléctricos en la distribución, considerando aspectos técnicos, económicos y estratégicos.

3.1 Historia Empresa

La Compañía de Cervezas Unidas más conocida como CCU, es una empresa chilena fundada en 1902, dedicada a la producción, comercialización y distribución de bebidas, que a lo largo de su historia ha evolucionado desde una cervecera local hacia una compañía multibebidas con presencia regional en Sudamérica. Actualmente, la empresa participa en diversas categorías, incluyendo cervezas, bebidas gaseosas, aguas minerales, jugos, vinos y licores, con un portafolio amplio de marcas reconocidas como Cristal, Escudo y Cachantun.

El modelo de negocio de CCU se sustenta en una fuerte red logística y de distribución, que permite abastecer de manera eficiente a clientes a lo largo del territorio nacional y en los distintos países donde opera. Esta red incluye centros de distribución, transporte de última milla y una flota relevante de vehículos para el reparto de productos, lo que posiciona a la logística como un componente estratégico clave dentro de la compañía.

Dentro del mercado nacional, CCU se sitúa como uno de los actores más relevantes de la industria de bebidas en Chile, tanto por su participación de mercado como por la amplitud de categorías en las que opera. A nivel agregado, la compañía ha alcanzado participaciones cercanas al 45% del mercado de bebidas en Chile, considerando el conjunto de sus líneas de negocio, lo que la posiciona como uno de los líderes del sector. En particular, en la industria cervecera siendo uno de sus principales negocios, manteniendo históricamente una posición dominante, con participaciones que han llegado a alrededor de un 68% del mercado nacional, consolidándose como el principal productor de cerveza en el país.

En este contexto, la relevancia de CCU trasciende su industria específica, situándose como un actor clave dentro del sector productivo chileno, particularmente en el ámbito del consumo masivo, donde la eficiencia logística, la escala operativa y la gestión de marcas constituyen factores críticos de competitividad.

3.1.1 Productos

Compañía de Cervecerías Unidas es una de las principales compañías multicategoría de bebidas en Sudamérica, con presencia en Chile, Argentina, Bolivia, Paraguay y Uruguay. A lo largo de sus 175 años de historia, la empresa ha evolucionado desde una cervecera tradicional hacia una organización diversificada, participando actualmente en múltiples categorías de bebidas alcohólicas y no alcohólicas, desarrollando un amplio portafolio de marcas propias, licenciadas e internacionales.

El modelo de negocios de CCU se basa en la diversificación de productos y categorías, permitiéndole atender distintos segmentos de consumidores y adaptarse a las nuevas tendencias del mercado. Dentro de su portafolio destacan categorías como cervezas, bebidas gaseosas, aguas minerales, jugos y néctares, bebidas energéticas, vinos, piscos, licores y sidras, consolidando una estrategia multicategoría orientada al consumo masivo y a la expansión regional.

En la categoría de cervezas, CCU posee algunas de las marcas más reconocidas del mercado chileno y regional, tales como Cristal, Escudo, Royal Guard, Austral y Kunstmann, además de marcas internacionales operadas bajo licencia como Heineken, Sol y Coors Light. Esta categoría representa históricamente uno de los pilares estratégicos de la compañía.

En bebidas no alcohólicas, CCU mantiene una importante participación mediante marcas tradicionales y de alta recordación en Chile, como Bilz y Pap, Kem, además de productos desarrollados bajo acuerdos internacionales con PepsiCo y otras compañías globales, incorporando bebidas como Pepsi, 7Up, Canadá Dry y Crush dentro de su portafolio.

Asimismo, la empresa participa en categorías vinculadas a hidratación y bienestar mediante marcas como Cachantun, junto con el desarrollo de jugos, néctares y bebidas funcionales, fortaleciendo su presencia en segmentos asociados a estilos de vida saludables y nuevas preferencias de consumo.

En el ámbito de vinos y destilados, CCU participa a través de filiales y asociaciones estratégicas, destacando marcas como Gato y Mistral, consolidando una oferta integral dentro de la industria de bebidas alcohólicas.

De esta manera, el portafolio de productos de CCU refleja una estrategia corporativa basada en innovación, diversificación y posicionamiento de marcas, permitiéndole mantener liderazgo en distintas categorías y responder de manera eficiente a los cambios en las preferencias de los consumidores y a las exigencias de un mercado altamente competitivo

Red de Distribución de CCU en Chile

CCU posee una de las redes de distribución de bebidas más extensas de Chile, permitiéndole abastecer supermercados, botillerías, restaurantes, hoteles, comercios minoristas y centros de consumo a lo largo del territorio nacional. La compañía opera mediante una estructura logística compuesta por plantas productivas, centros de distribución (CD), bodegas regionales y operadores de transporte, lo que le permite mantener cobertura desde la zona norte hasta el extremo sur del país.

La red logística de CCU se caracteriza por un modelo descentralizado de distribución, donde los productos elaborados en plantas industriales son trasladados hacia centros de distribución estratégicamente ubicados en distintas regiones del país. Desde estos centros se realiza la distribución de última milla hacia clientes del canal tradicional y moderno. Este modelo permite optimizar tiempos de entrega, disponibilidad de productos y eficiencia operacional.

Entre las principales zonas logísticas y operacionales de CCU en Chile destacan:

- Región Metropolitana (Santiago): principal centro corporativo y nodo logístico nacional.
- Zona Norte: distribución hacia ciudades como Antofagasta, Iquique, Calama y La Serena.
- Zona Centro: cobertura de Valparaíso, Viña del Mar, Rancagua y Talca.
- Zona Sur: operación logística en Concepción, Temuco, Valdivia, Osorno y Puerto Montt.
- Zona Austral: abastecimiento hacia Punta Arenas y regiones extremas mediante transporte combinado terrestre y marítimo.

La compañía utiliza una combinación de transporte primario y secundario, incluyendo camiones de alto tonelaje para abastecimiento interregional y flotas de distribución urbana para reparto local. Además, la operación logística integra herramientas de planificación de rutas, control de inventarios y gestión de flota, permitiendo responder eficientemente a la alta demanda y diversidad de productos presentes en su portafolio.

Figura N°14: Distribución CCU en Chile



Fuente: Elaboración Propia.

Distribución Logística en CCU: Acarreo y Porteo

La operación logística de CCU se basa en una extensa red de distribución nacional que permite abastecer de manera eficiente a supermercados, botillerías, restaurantes, hoteles, comercios minoristas y centros de consumo a lo largo de Chile. Debido a la gran extensión territorial del país y la diversidad geográfica entre regiones, la compañía estructura su sistema logístico mediante dos procesos principales: acarreo y porteo.

Concepto de Acarreo

El acarreo corresponde al transporte primario o transporte de larga distancia dentro de la cadena logística. En este proceso, los productos son trasladados desde plantas productivas o centros logísticos principales hacia centros de distribución regionales y bodegas estratégicas.

Generalmente, el acarreo considera:

- Camiones de alto tonelaje.
- Transporte interregional.
- Rutas nacionales de larga distancia.
- Consolidación de grandes volúmenes de carga.

El objetivo principal del acarreo es asegurar el abastecimiento eficiente de inventario hacia las distintas zonas operacionales del país, optimizando tiempos de traslado y costos logísticos.

Dentro de CCU, este proceso conecta principalmente:

- Plantas productivas.
- Centros logísticos nacionales.
- Centros de distribución regionales.

Ejemplos:

- Transporte desde Santiago hacia Antofagasta.
- Transporte hacia Puerto Montt o Punta Arenas.
- Abastecimiento desde plantas productivas hacia centros regionales.

Concepto de Porteo

El porteo corresponde al transporte secundario o distribución de última milla. Este proceso comienza una vez que los productos llegan a los centros de distribución regionales y posteriormente son despachados hacia clientes finales y puntos de venta.

El porteo considera:

- Distribución urbana y local.
- Camiones de menor capacidad.
- Alta frecuencia de entregas.

- Cobertura capilar de rutas.

El objetivo del porteo es garantizar disponibilidad de productos en el mercado, manteniendo cercanía operacional con clientes y consumidores.

Dentro de CCU, el porteo abastece:

- Supermercados.
- Botillerías.
- Restaurantes.
- Hoteles.
- Canal tradicional y moderno.

Distribución Territorial y Distancias Recorridas por Región

Debido a la longitud geográfica de Chile, la operación logística de CCU presenta importantes diferencias de distancias según la zona abastecida. Estas distancias impactan directamente:

- Costos logísticos.
- Consumo de combustible.
- Tiempos de distribución.
- Utilización de flota.
- Emisiones de CO₂.
- Factibilidad de electromovilidad.

A continuación, se presenta una estimación referencial de distancias recorridas desde Santiago hacia las principales zonas operacionales de distribución mediante procesos de acarreo:

Tabla N°2: Distancias recorridas Principales Zonas.

Zona	Ciudad Referencial	Distancia Aproximada desde Santiago
Norte Grande	Arica	2.050 km
Norte Grande	Iquique	1780 km
Norte Grande	Antofagasta	1360 km
Norte Chico	La Serena	470 km
Centro	Valparaíso	120 km
Centro Sur	Talca	255 km
Sur	Concepción	500 km
Sur	Temuco	690 km
Sur Austral	Valdivia	850 km
Austral	Puerto Montt	1020 km
Extremo Austral	Punta Arenas	3.000+ km combinados

Fuente: Elaboración Propia.

Una vez que la carga llega a los centros regionales, el porteo opera dentro de radios urbanos y regionales menores, realizando la distribución hacia clientes finales y puntos de venta.

Las distancias promedio diarias de porteo suelen variar entre:

- 20 a 80 km urbanos en grandes ciudades.
- 80 a 200 km en regiones con cobertura rural o intercomunal.

Ejemplos:

- Santiago: alta densidad logística y múltiples entregas diarias.
- Antofagasta: distribución industrial y minera.
- Puerto Montt: cobertura intercomunal y operación austral.
- Punta Arenas: distribución aislada y de menor densidad.

A modo de conclusión, la diferenciación entre acarreo y porteo resulta fundamental para evaluar la implementación de flotas eléctricas en CCU.

En términos operacionales:

- El porteo urbano presenta mejores condiciones para electrificación debido a recorridos cortos, rutas repetitivas y facilidad de acceso a infraestructura de carga.
- El acarreo de larga distancia enfrenta mayores desafíos asociados a autonomía, tiempos de carga y disponibilidad de electrolineras interurbanas.

Por ello, la incorporación de electromovilidad en operaciones logísticas suele comenzar en procesos de porteo o última milla, avanzando progresivamente hacia soluciones de acarreo conforme evoluciona la tecnología y la infraestructura energética disponible en Chile.

3.2 Diagnóstico Inicial

El siguiente capítulo contiene un diagnóstico asociado a Transportes CCU tanto a nivel interno como externo. El diagnóstico interno permite entender cuál es la situación actual asociada a Transportes CCU en términos de la cantidad de camiones que operan por centro de distribución, cantidad de kilómetros recorridos asociados a cada centro y las emisiones actuales. Por otra parte, el diagnóstico externo muestra aquellos factores, tal como la legislación a nivel nacional, que podrían ser de interés en el desarrollo del trabajo relacionado con la descarbonización de la flota.

3.3 Diagnóstico Interno

A modo de introducción, CCU proyecta una Visión Medioambiental al año 2030, la cual en término de emisiones considera la reducción de emisiones de CO₂e por cada litro producido y también el uso de energías renovables para sus procesos. Para el caso de las emisiones se espera una reducción de un 50% de los GEI emitidos al año 2030, a la vez que un uso de un 75% de energías renovables para el segmento de electricidad. Estas metas inicialmente fueron consideradas para Chile y Argentina, no obstante en la actualidad consideran las operaciones

en Bolivia, Paraguay y Uruguay, demostrando así compromiso de la empresa con la descarbonización de sus operaciones.

Uno de los sectores que contribuyen a las emisiones de CCU corresponde a aquellas asociadas a la logística y distribución, por lo que abordar este segmento tecnológico es fundamental para cumplir con la Visión Medioambiental hacia el año 2030. Para abordar esta problemática el 2021 CCU firmó el Acuerdo para la Electromovilidad impulsado por el Ministerio de Energía. El Acuerdo para la Electromovilidad compromete al Ministerio de Energía al desarrollo de 5 puntos principales, los cuales son:

1. Duplicar la cantidad de modelos de vehículos eléctricos disponibles con respecto a los homologados el año anterior
2. Incorporar vehículos eléctricos en al menos 15 organizaciones públicas y privadas
3. Duplicar la cantidad de cargadores de la red pública con respecto al año anterior
4. Lograr tener al menos 1.500 personas formadas en electromovilidad durante el 2021
5. Fomentar nuevos usos de la electromovilidad

En este acuerdo, CCU se comprometió con un plan de renovación de su flota, adoptando nuevas tecnologías que permitan reducir las emisiones de CO₂ asociadas al transporte. Este compromiso va en línea con la Visión Medioambiental 2030, en el cual se espera que un 50% de la flota de camiones sean cero emisiones.

Por lo tanto, y con el objetivo de poder construir un Roadmap de descarbonización y así dar cumplimiento con las metas señaladas anteriormente, donde se realizará en primera instancia un diagnóstico asociado al estado actual de la operación y de esta forma determinar la línea base de emisiones para la posterior construcción de la curva de abatimiento de emisiones.

Para el caso del presente informe se realizará un análisis de Transportes CCU, específicamente del segmento de transporte y logística de camiones entre 1 a 28 toneladas. La información que se analizará corresponderá a los datos obtenidos por CCU para el periodo comprendido entre enero 2022 y agosto 2022.

3.3.1 Construcción de Base de Datos

Dado que se cuenta con múltiples fuentes de información y con el objetivo de crear una base de datos que fuese lo más robusta posible, es que se hizo un cruce entre 5 bases de datos, obteniendo de esta forma la mayor cantidad de información, y a la vez minimizando los errores que pudiesen existir. El propósito de robustecer la base de datos de información es contar con mayor información para la estimación de emisiones.

Las cinco bases de datos utilizadas corresponden a las siguientes:

1. Base de datos enviada originalmente por CCU
2. Ciclo Logístico
3. Información GPS Sitrack
4. Nómina de Conductores
5. Planilla de instalación de sistemas de GPS

La información prioritaria para la construcción de una base de datos que permita establecer la línea base de la investigación corresponde a un conjunto de variables operacionales clave. Entre estas se consideran: la patente del vehículo, el centro de distribución asociado, los kilómetros recorridos, la capacidad de carga y la empresa de transporte correspondiente. Estos datos resultan fundamentales para caracterizar la operación actual y sustentar el análisis posterior.

La siguiente tabla muestra la información que se obtiene de los reportes correspondientes a los traslados de carga de los distintos vehículos para los distintos tramos.

Tabla N°3: Ejemplo cruce Base de Datos.

Fecha	Patente	CD Original	CD CL	CD GPS	CD Nomina	CD Final
01-03-22	GPKR52	ANTOFAGASTA	ANTOFAGASTA	IQUIQUE	ANTOFAGASTA	ANTOFAGASTA

Fuente: Elaboración Propia.

3.3.2 Análisis por macrozona.

Para el análisis por macrozona se considera una separación de los Centros de Distribución agrupados en 5 zonas; macrozona norte grande, macrozona norte chico, macrozona centro, macrozona centro sur y macrozona sur. Las regiones comprendidas para cada una de estas macrozonas se pueden observar en la Figura 2.

Figura 15: Distribución de zonas.



Fuente: Elaboración Propia.

Adicionalmente, dado que se cuenta con información asociada a los segmentos desde 1 tonelada hasta 28 toneladas se debe generar una priorización asociada a la tecnología, ya que como se verá posteriormente, en el mercado existen distintos tipos de soluciones para los diferentes segmentos de carga.

En primera instancia se realizó un conteo asociado a la cantidad de camiones de distinto tipo circulan por cada uno de los centros de distribución en el periodo señalado anteriormente, esto con el objetivo de determinar tanto cuál macrozona cuenta con la mayor cantidad de circulación, como también cuál es la carga requerida más reiterada.

Tabla N°4: Conteo Camiones por Macrozonas.

Zona Carga Pallets	1	2	3	4	6	8	10	12	14	16	20	24	Total
Norte Grande	1	5	-	-	14	3	46	4	1	1	-	-	7%
Norte Chico	-	2	-	1	10	1	46	-	-	-	-	-	5%
Centro	5	14	-	8	141	10	364	63	2	-	2	-	55%
Centro Sur	-	10	1	3	9	32	161	2	-	-	-	1	20%
Sur	-	11	1	2	21	8	95	4	2	-	-	-	13%
Total	1%	4%	0%	1%	18%	5%	64%	7%	0%	0%	0%	0%	

Fuente: Elaboración Propia.

Lo anterior corresponde a un conteo asociado la cantidad de patentes únicas que circularon por cada centro de distribución, lo cual permite entender el flujo que tiene cada uno de ellos. No obstante, otro elemento que es relevante al momento de realizar el abatimiento de emisiones es la distancia recorrida, ya que esta dará el consumo de combustible asociado. En la Tabla 3 se muestra el mismo análisis realizado anteriormente pero ahora con la cantidad de kilómetros recorridos a partir de las salidas de los distintos centros de distribución.

Tabla N°5: Kilómetros recorridos por macrozonas.

Zona Carga Pallets	1	2	3	4	6	8	10	12	14	16	20	24	Total
Norte Grande	5.316	48.492	-	-	100.663	34.091	411.541	67.679	7.456	13.179	-	-	4%
Norte Chico	-	46.621	-	13.846	138.496	18.420	926.168	-	-	-	-	-	7%
Centro	90.251	568.122	-	113.765	1.775.595	163.557	5.413.197	921.000	48.840	-	16.987	-	55%
Centro Sur	-	158.047	21.548	55.538	210.675	490.300	2.433.377	68.899	-	-	-	19.356	21%
Sur	-	149.085	20.194	18.592	333.729	78.116	1.599.321	82.674	11.207	-	-	-	14%
Total	1%	6%	0%	1%	15%	5%	65%	7%	0%	0%	0%	0%	

Fuente: Elaboración Propia.

Como se puede notar de Tabla 2 y Tabla 3 tendencia es similar, es decir, tanto en conteo de camiones como también por kilómetros recorridos en términos de la distribución geográfica, es la zona centro (Valparaíso, RM, Libertador Bernardo O'Higgins) en donde se concentra la

mayor cantidad de camiones (55% de la flota total) y la mayor cantidad de kilómetros recorridos en el periodo comprendido entre enero 2022 y agosto 2022 (55% del total). Posterior a la macrozona centro es la zona centro sur (Maule, Ñuble y Biobío) en donde se concentra el mayor flujo de camiones y kilómetros recorridos en el periodo.

Por otra parte, al analizar la carga de pallets más frecuente, se puede notar que son las carga de 6 y de 10 pallets las más frecuentadas. En términos de conteo de camiones a nivel nacional la carga de 10 pallets corresponde a un 64% del total mientras que la carga de 6 pallets un 18%. En el caso de los kilómetros recorridos, se mantiene la tendencia, en donde la carga de 10 pallets explica un 65% de la distancia recorrido, y la carga de 6 pallets el 15%.

3.3.3 Análisis por Centro de Distribución.

Anteriormente se pudo observar que la zona Centro es la que cuenta con una mayor cantidad de camiones (55% del total) y que además es en este sector en donde se recorren la mayor cantidad de kilómetros a nivel nacional, con un 55% del total. Posterior a la zona Centro es la zona Centro Sur y Sur aquellas con mayor relevancia, mientras que el Norte Grande y el Norte Chico cuentan, en conjunto, únicamente con un 12% de la flota de camiones y un 11% de los kilómetros recorridos en el país.

Naturalmente, Centros de Distribución con un mayor potencial de descarbonización debiesen ser priorizados por sobre aquellos Centros de Distribución cuyo impacto pudiesen ser menor. Para las distintas soluciones de descarbonización se requiere del desarrollo de infraestructura, por lo cual se debiese buscar maximizar la utilización de esta. Es por este motivo que si bien es la zona Centro en donde se ubica el mayor potencial de descarbonización por el tamaño de la flota existente, se debe analizar con mayor profundidad cada uno de los Centros de Distribución.

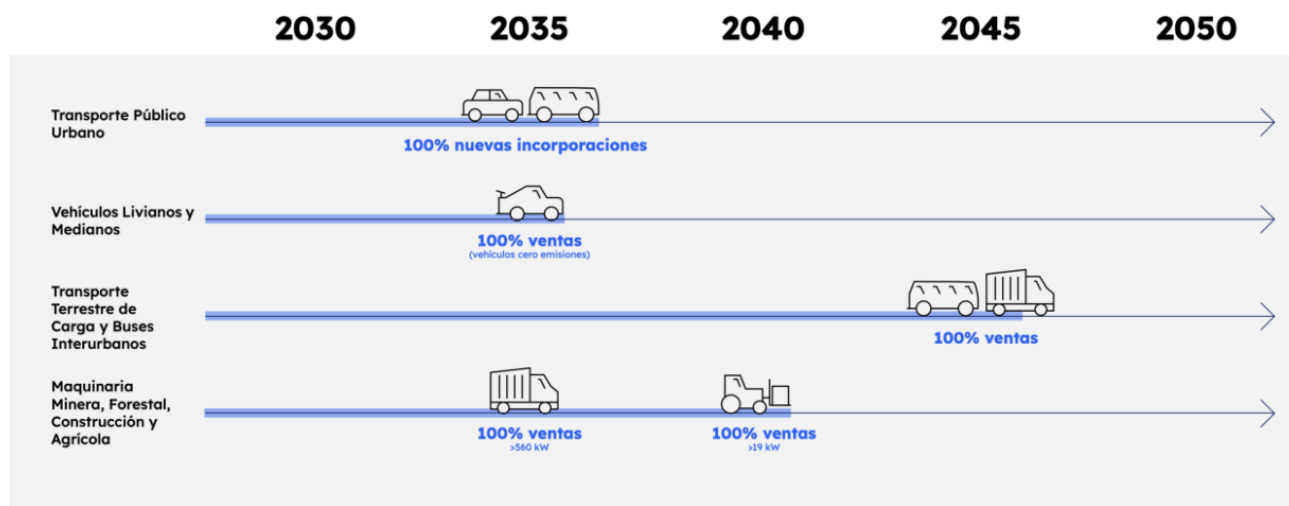
3.4 Diagnóstico Externo.

El diagnóstico externo tiene como propósito detectar los factores que podrían generar una afectación en operación de Transportes CCU. Para esto, se realiza un análisis de lo que está ocurriendo a nivel nacional, como también a nivel internacional para conocer las tendencias que existen fuera del país.

3.4.1 Análisis Nacional

A comienzos del año 2022 se aprobó y publicó la Estrategia Nacional de Electromovilidad haciendo que Chile se sume a una lista de más de 20 países que ya cuentan con metas asociadas a la electrificación y siendo el primero en América Latina. Esta estrategia define que al año 2045 el 100% de las ventas de vehículos de transporte de carga terrestre deberán ser cero emisiones, como se puede observar en la Figura 17.

Figura 16: Metas Estrategia Nacional de Electromovilidad.



Fuente: Ministerio de Energía de Chile (2021). Estrategia Nacional de Electromovilidad

Para la implementación de esta estrategia se definieron 4 ejes de trabajo:

- Medios de transportes sustentables y financiamientos: Este eje agrupa todas las medidas que aceleran la incorporación de vehículos eléctricos en el país, a través de instrumentos de fomento a la electromovilidad, con el fin de disminuir asimetrías entre un vehículo a combustión interna y un vehículo eléctrico, potenciando también la creación de condiciones para la economía circular en la movilidad eléctrica y habilitación de nuevas tecnologías.
- Infraestructura de carga y regulación: El despliegue de la infraestructura de carga presenta desafíos y oportunidades para seguir impulsando la electromovilidad. Una de ellas es expandir la red de carga en regiones y promover soluciones de carga. En este sentido, es que también se generarán las condiciones habilitantes en el marco de la regulación y estándares de forma transversal al ecosistema de la electromovilidad.
- Investigación y capital humano: Los esfuerzos orientados a impulsar la electromovilidad van de la mano con el capital humano y la investigación aplicada a nivel nacional. Se promoverá el capital humano en torno al transporte cero emisiones, generando también una industria nacional con el fin de seguir potenciando la investigación e innovación para el desarrollo de las políticas públicas durante los próximos años.
- Difusión, información y articulación: La disponibilidad de información y transferencia de conocimientos permiten con mayor probabilidad replicar de forma exitosa y armónica el desarrollo de la movilidad eléctrica, focalizando los esfuerzos también en la articulación y cooperación internacional para que más personas se sumen en este camino.

Cabe destacar que en el primer eje se hace alusión como medida que “desde el Estado se generarán instancias de difusión para el llamado a instituciones financieras a involucrarse en los programas de fomento a la electromovilidad con instrumentos ad hoc. Además, se levantarán recursos regionales para llevar la electromovilidad a todo Chile”. Por otra parte, en específico para el segmento de transporte de carga se menciona que se potenciarán el desarrollo de proyectos pilotos a través del Programa Giro Limpio de la Agencia de

Sostenibilidad Energética y Electromovilidad Logística del Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones.

La Ley de Eficiencia Energética fue promulgada en el año 2021 cuyo propósito es proporcionar un marco estratégico para el desarrollo de la eficiencia energética del país, y de esta forma alcanzar la carbono neutralidad al año 2050. Dentro de los puntos relevantes de la Ley de Eficiencia Energética se encuentran los siguientes

- Se fijarán estándares de eficiencia energética para vehículos nuevos. Los responsables del cumplimiento de estos serán los importadores y los representantes de cada marca de vehículos en Chile, quienes serán anualmente oficiados por la Superintendencia de Electricidad y Combustible para determinar el cumplimiento de la ley, existiendo multas asociadas en caso de no cumplir.
- El Ministerio de Energía normará la interoperabilidad del sistema de recarga de vehículos eléctricos para facilitar el acceso y conexión de vehículos eléctricos a la red de carga, permitiendo un desarrollo armónico, que asegure el libre acceso a los cargadores públicos.
- El Servicio de Impuestos Internos (SII) estableció que vehículos eléctricos puros, híbridos enchufables y cero emisiones de empresas, puedan tener depreciación acelerada por un periodo de diez años siguientes a la entrada en vigencia de la ley (tres años vida útil normal y un año acelerada)
- Se declara al hidrógeno, expresamente, como combustible y entrega atribuciones del Ministerio de Energía para normarlo y darle tratamiento de recurso energético.
- Cada cinco años, el Ministerio de Energía, en colaboración con los ministerios sectoriales respectivos, deberá elaborar un Plan Nacional de Eficiencia Energética.

El 21 de noviembre de 2022 se promulgó la ley de Almacenamiento y Electromovilidad que habilita a los vehículos eléctricos a que participen del mercado eléctrico como equipos de almacenamiento, recibiendo remuneración por inyectar energía. Asimismo, se habilita la

utilización de sus baterías como equipos de almacenamiento estacionarios con el mismo fin. Además, la ley establece una rebaja transitoria del monto de los permisos de circulación de los vehículos eléctricos, para que estos sean similares a los de los vehículos de combustión interna.

3.4.2 Análisis Internacional

En términos internacionales en el mundo se está avanzando de forma acelerada hacia la carbono neutralidad en el sector de movilidad. Por ejemplo, en Estados Unidos en el Inflation Reduction Act de la presidencia de Biden anunció una reducción de impuestos de hasta 40.000 dólares por cada camión cero emisiones, además aumentar los incentivos para el desarrollo de infraestructura de carga eléctrica, pasando de 30.000 dólares por propiedad a 100.000 dólares por cada una. Esto con el objetivo de alcanzar las metas del país, la cual es lograr reducir las emisiones en un 40% en el año 2030.

En Brasil existe un descuento al Impuesto sobre la Propiedad Vehicular para vehículos eléctricos impulsados a partir de energía eléctrica o a partir de hidrógeno en São Paulo, Rio de Janeiro, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais y Ceará. Mientras que en Rio Grande do Sul, Paraná, Alagoas, Pernambuco, Rio Grande do Norte, Piauí, Maranhão y Distrito Federal los vehículos eléctricos están exentos del IPVA. (Ley 17.563/2021) (Ley 15.997/2014)

Finalmente, en Uruguay existe la ambición, sin fondos comprometidos, que para el año 2030 el 30% de las ventas de buses y camiones sean cero emisiones, mientras que al año 2040 esta cifra alcance el 100%

Cabe mencionar que si bien en el presente documento fueron detectadas las legislaciones relevantes para el proceso de descarbonización se debe seguir monitoreando los cambios legislativos, ya que constantemente los países se encuentran actualizando sus ambiciones, además de considerar otros aspectos que pudiesen acelerar los sistemas cero emisiones, tal como la guerra entre Rusia y Ucrania, actualmente la guerra entre EEUU e Iran que ha afectado los precios del petróleo. Además, se debiese considerar dentro de la decisión el efecto que tienen los sistemas de incentivos tal como los presentados en la Ley de Eficiencia Energética.

3.5 Mercado de Camiones e Infraestructura

Con el objetivo de diagnosticar el estado del mercado nacional y las proyecciones futuras, se realiza la comparativa entre proveedores de camiones. De esta forma se considera a Kaufmann, ILASA, Volvo, SKC-JMC, Salfa, Porsche, Enex, Movener, Copec Voltex, Enel X Way, Indumotora, Wind Garage (Copec) y Colbún.

La gran mayoría de las empresas proveedoras de tecnología ven un fuerte desarrollo de la electromovilidad en camiones eléctricos a batería, en donde ya existen modelos disponibles para ser entregados en una ventana de tiempo de 6 meses desde la orden de compra.

En el caso de los camiones eléctricos a hidrógeno, no existe oferta para este tipo de camiones. Indumotora tiene la intención de traer al país el modelo XCIENT Fuel Cell de Hyundai durante el 2027-2028

Dependiendo de la empresa existen múltiples formas de negocio. Algunas únicamente ofrecen el servicio del camión propiamente tal, es decir, la entrega y el mantenimiento. Mientras que otras empresas son capaces de integrar también el desarrollo de la infraestructura eléctrica. Existe amplia cobertura para el mantenimiento de camiones eléctricos a batería. Inclusive algunas empresas cuentan o contarán con talleres eléctricos aptos a nivel nacional.

Empresas como Enex, Colbún, Copec Voltex y Enel X Way buscan desarrollar infraestructura para sus clientes, existiendo múltiples modelos de negocio en donde el preferido es ofrecer la instalación, servicio y mantención de los cargadores.

Enex, Copec Voltex, Colbún y Enel X Way, cuentan con la posibilidad de realizar contratos tipo leasing sin comprometer inversión inicial.

La transición hacia sistemas de transporte sustentables ha impulsado a múltiples empresas del sector logístico y energético a desarrollar soluciones asociadas a electromovilidad e infraestructura de carga. En Chile, este proceso ha tomado especial relevancia debido a las metas de descarbonización del país y a la necesidad de reducir las emisiones generadas por el transporte de carga, uno de los sectores con mayor consumo energético y dependencia de combustibles fósiles.

En este contexto, diversas compañías proveedoras de camiones eléctricos, infraestructura de carga, soluciones energéticas y tecnologías de transición energética han comenzado a desarrollar propuestas orientadas al mercado logístico nacional. Estas empresas no solo ofrecen vehículos eléctricos o combustibles alternativos, sino también soluciones integrales

que incluyen análisis operacional, implementación de infraestructura, mantenimiento, financiamiento y acompañamiento técnico durante la operación.

A continuación, se presentan las principales empresas analizadas dentro del estudio, considerando su oferta tecnológica, capacidades operacionales, infraestructura, modelos de negocio y proyección en el desarrollo de soluciones de electromovilidad y descarbonización para el transporte de carga en Chile.

3.5.1 Grupo Kaufmann

El Grupo Kaufmann posee una de las redes de electromovilidad más desarrolladas de Chile, operando mediante las divisiones Andes Motor y Kaufmann. Actualmente comercializa vehículos eléctricos de marcas como Maxus, Foton e Iveco, mientras que proyecta incorporar camiones eléctricos Mercedes-Benz en los próximos años.

La empresa cuenta con cobertura técnica desde Iquique hasta Punta Arenas, equivalente a aproximadamente 4.600 kilómetros de cobertura nacional, incluyendo infraestructura de carga, talleres especializados y servicios de mantenimiento de baterías de alto voltaje. Además, ofrece soluciones integrales para clientes mediante análisis de factibilidad operacional, evaluación de rutas y dimensionamiento de infraestructura de carga.

3.5.2 ILASA

ILASA es una empresa de ingeniería orientada a soluciones de electrificación y partner estratégico de CCU. Su portafolio considera camiones eléctricos de distintas capacidades, incluyendo modelos de 6, 12, 17 y hasta 30 toneladas.

La compañía se especializa principalmente en soluciones eléctricas y desarrollo de infraestructura energética, incluyendo proyectos asociados al armado y reutilización de baterías de litio. Asimismo, posee capacidades para implementar soluciones de carga portátiles y mantenimiento on-site en la Región Metropolitana.

3.5.3 Volvo

El Grupo Volvo representa una de las principales referencias mundiales en transporte pesado y electromovilidad. La compañía actualmente lidera gran parte del mercado europeo de camiones eléctricos y proyecta expandir esta tecnología hacia Latinoamérica.

Su estrategia está orientada principalmente al segmento de alto tonelaje, incorporando soluciones de electromovilidad para operaciones logísticas de mayor exigencia. Volvo además complementa su oferta mediante servicios de asesoría operacional, evaluación de TCO (Total Cost of Ownership), mantenimiento preventivo y correctivo, infraestructura de carga y capacitación técnica especializada mediante la Academia Volvo.

3.5.4 SKC – JMC

SKC, mediante la marca JMC, ha desarrollado una importante participación dentro del mercado chileno de camiones eléctricos livianos, destacando especialmente el modelo JMC Conquer EV.

La empresa opera bajo un modelo de venta directa y cuenta con contratos de mantenimiento preventivo y correctivo, además de garantías extendidas para baterías. Asimismo, incorpora soluciones de carga portátiles y configuraciones personalizables según los requerimientos operacionales del cliente.

3.5.5 Salfa

Salfa participa en el desarrollo de electromovilidad mediante la representación de marcas del Grupo Volvo y futuras alianzas estratégicas con fabricantes de camiones eléctricos livianos.

La compañía destaca por acompañar al cliente durante toda la vida útil del vehículo, ofreciendo contratos de mantenimiento de largo plazo, soporte técnico especializado y estudios operacionales para determinar configuraciones óptimas de baterías y autonomía. Además, trabaja junto a empresas energéticas para definir estándares de infraestructura de carga.

3.5.6 Porsche Chile

Porsche Chile, como importador oficial de camiones Volkswagen, proyecta la incorporación de modelos eléctricos orientados al transporte urbano y distribución de carga.

La empresa realiza análisis personalizados de rutas, carga, condiciones geográficas y operación logística para definir la configuración más adecuada de vehículos eléctricos, además de contar con soporte técnico especializado para la operación y mantenimiento de las unidades.

3.5.7 Indumotora

Indumotora desarrolla soluciones de electromovilidad mediante las marcas Hyundai y Kia, incorporando tanto camiones eléctricos como proyectos asociados a hidrógeno verde.

Dentro de sus principales desarrollos se encuentran camiones eléctricos de distintas capacidades y proyectos piloto asociados al uso de hidrógeno mediante vehículos Hyundai XCIENT Fuel Cell. La empresa complementa su oferta mediante análisis de flota, financiamiento, infraestructura de carga y soporte técnico especializado.

3.5.8 Movener

Movener se especializa en soluciones de reconversión tecnológica y electrificación híbrida para vehículos de carga.

La empresa desarrolla kits eléctricos híbridos enchufables orientados a camiones diésel, permitiendo reducir consumo de combustible mediante apoyo eléctrico y sistemas regenerativos. Esta tecnología busca facilitar una transición gradual hacia soluciones de transporte más sustentables.

3.5.9 Enex

Enex enfoca sus esfuerzos en soluciones de infraestructura de carga para clientes B2B, priorizando operaciones de última milla, transporte público y minería.

La empresa desarrolla modelos de negocio tanto mediante proyectos llave en mano como mediante servicios integrales de operación y administración de infraestructura de carga, considerando además esquemas tipo leasing para clientes corporativos.

3.5.10 Copec Voltex

Copec Voltex se posiciona como uno de los principales actores en infraestructura de carga para electromovilidad en Chile.

La empresa ofrece soluciones integrales que incluyen asesoría técnica, diseño de infraestructura, ingeniería, softwares de gestión de flota y soluciones de financiamiento. Además, desarrolla proyectos de carga pública y privada para operaciones logísticas y transporte público.

3.5.11 Enel X Way

Enel X Way participa principalmente en el desarrollo de infraestructura de carga y soluciones tecnológicas para electromovilidad.

La empresa opera mediante distintos modelos de negocio, incluyendo proyectos llave en mano y esquemas de inversión compartida. Asimismo, desarrolla soluciones de carga rápida y participa activamente en la definición de estándares tecnológicos para el mercado chileno.

3.5.12 Colbún Soluciones

Colbún Soluciones enfoca su operación en proyectos energéticos integrales para clientes corporativos.

La compañía ofrece diseño, implementación y operación de infraestructura de carga, plataformas de gestión energética y servicios de acompañamiento técnico, incluyendo modelos de financiamiento tipo leasing.

3.6 Camiones eléctricos a batería

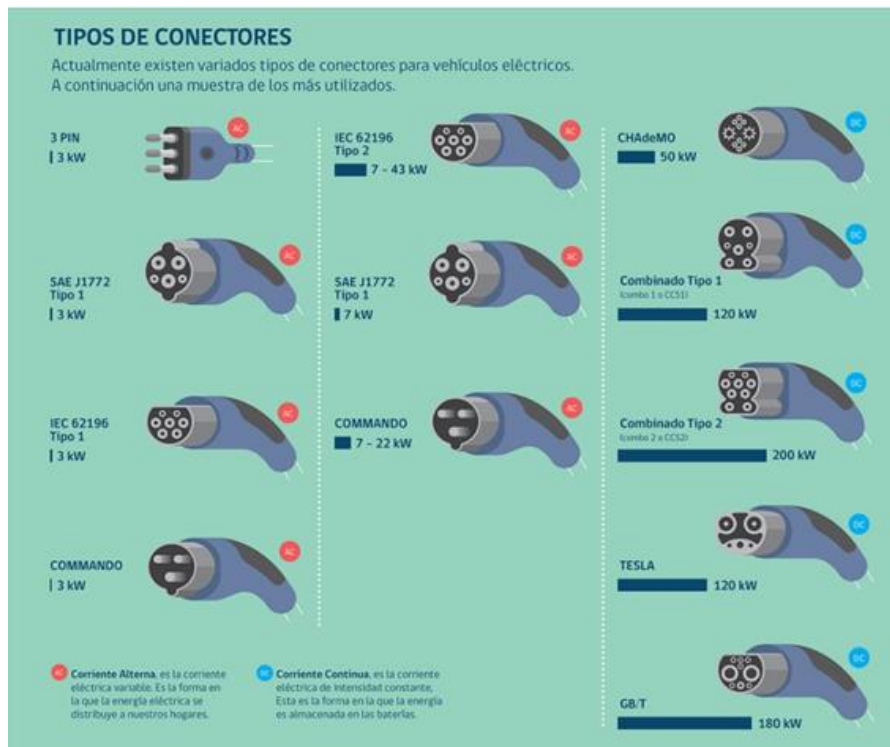
Los vehículos eléctricos a batería utilizan únicamente energía química almacenada en un paquete de batería. A diferencia de un motor a combustión interna el motor utilizado es un motor eléctrico. Estos camiones cuentan con un sistema de freno regenerativo el cual permite aumentar la eficiencia global del sistema. Cuando el camión se encuentra en descenso o en frenado, el sistema de frenado regenerativo convierte la energía cinética en energía eléctrica, haciendo un paso inverso de la corriente y así cargar las baterías y recuperar un porcentaje de la energía utilizada. En términos de mantención el costo de mantención podría ser menor que en el caso de los vehículos de combustión interna. Esto se debe a que está compuesto por una menor cantidad de componentes, reduciendo así la probabilidad de falla. Adicionalmente, dada la existencia de frenos regenerativos las pastillas de freno tienen un menor desgaste, reduciendo así los costos de mantención.

Uno de los principales desafíos de este tipo de tecnología es la autonomía, ya que, si bien esta variará en función de la capacidad instalada de baterías, en promedio los fabricantes ofrecen autonomías de entre 240 a 400 km. Otro de los desafíos de la tecnología corresponde a los tiempos de carga ya que dependiendo del tipo de cargador se podría tardar en el orden de 1 hora hasta 10 horas. Para poder cargar este tipo de vehículos se requiere de infraestructura dedicada, en donde existen distintos tipos de cargadores:

- Enchufe tipo 1 (CA6): El enchufe tipo 1 es un enchufe estándar monofásico para vehículos eléctricos. Le permite cargar su vehículo a un nivel de potencia de carga de hasta 7,4 kW
- Enchufe tipo 2 (CA): El enchufe tipo 2 es un enchufe trifásico con tres cables adicionales. Tiene niveles de potencia de carga de hasta 43 kW. La mayoría de las estaciones de carga públicas en Chile están equipadas con una toma tipo 2.
- Combo tipo 2 (sistema de carga combinado o CCS) (CA y CC7): El enchufe CCS es un enchufe de cinco pines, que es una versión mejorada del enchufe Tipo 2, con dos contactos de alimentación adicionales para la carga rápida, permite niveles de potencia de carga de CA y CC de hasta 200 kW. En la práctica, el valor suele ser de alrededor de 50 kW.

- Enchufe CHAdeMO (CC): El enchufe CHAdeMO es un enchufe de 10 pines que se utiliza en estaciones de carga rápida. Se llaman cargadores de nivel 3 que son capaces de suministrar hasta 50 kW de potencia con una corriente que puede llegar a 125^a.

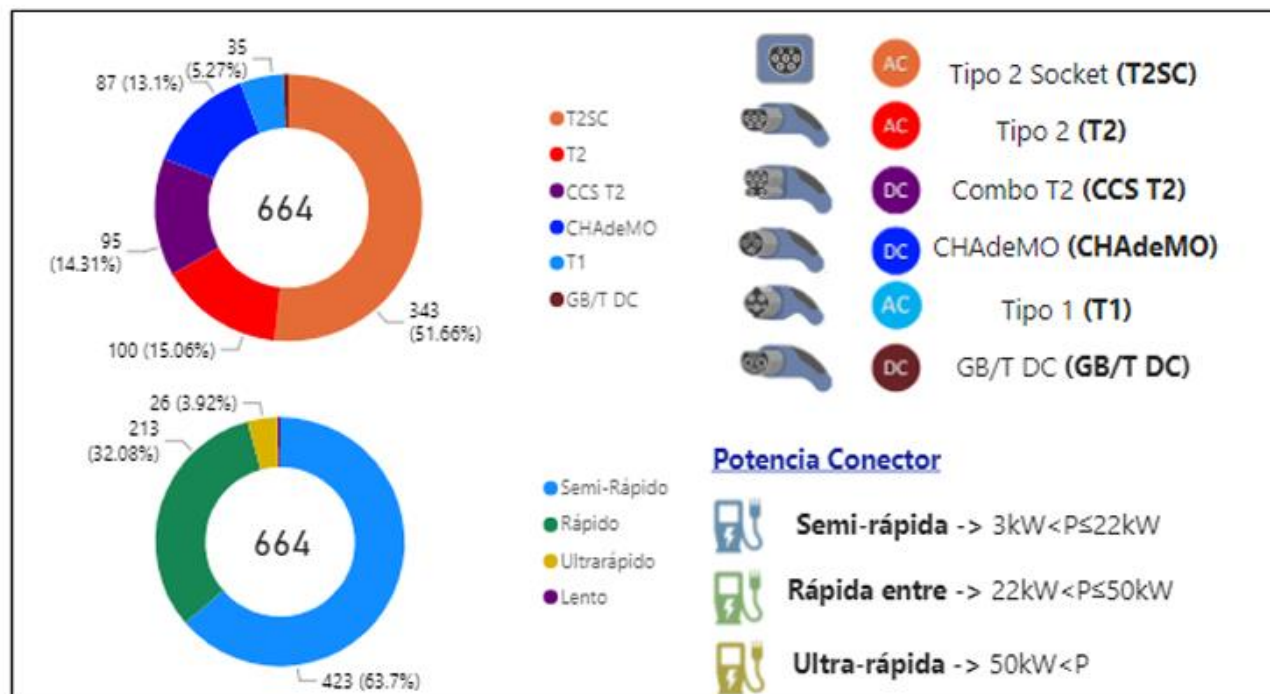
Figura N°17: Tipos de Conectores.



Fuente: Ministerio de Energía de Chile. (s.f.). Sistemas de carga para vehículos eléctricos.

Como se vio anteriormente, los existen múltiples tipos de conectores para cargar vehículos eléctricos, y dado que no existe por ahora una estandarización, las estaciones de carga disponible en Chile cuentan con distintos tipos de conectores. En la actualidad en Chile existen 664 puntos de carga públicos, de los cuales cerca de un 32% corresponde a carga entre 22 kW y 50 kW, y tan solo un 4% aproximadamente con carga por sobre 50 kW.

Figura N°18: Conectores.



Fuente: Elaboración Propia.

Finalmente, en términos de costo, se ha notado una curva decreciente de costos, lo cual está principalmente empujado por una baja en los costos de las baterías. En el 2010 el precio de una batería comenzaba en USD 1.100 por kWh mientras que en el 2020 alcanzaba los USD 137 por kWh, lo cual se explica principalmente por la reducción de costos de producción y desarrollo de economías de escala (Bloomberg, 2020). El Laboratorio de Energía Renovable de Estados Unidos proyecta que para el año 2035 todos los camiones eléctricos serán competitivos con el diésel, esto sin considerar la existencia de incentivos (NREL, 2022). No obstante, al analizar por segmento tecnológico se puede distinguir que para camiones que recorren entre 0 y 150 kilómetros diarios, la paridad con camiones diésel ocurrirá posterior al 2030, mientras que camiones que recorren diariamente entre 150 y 400 kilómetros la paridad con los sistemas diésel sería el 2027. Lo anterior es relevante, ya que uno de los parámetros que más incide para la determinación del punto de paridad con el diésel es la cantidad de kilómetros recorridos.

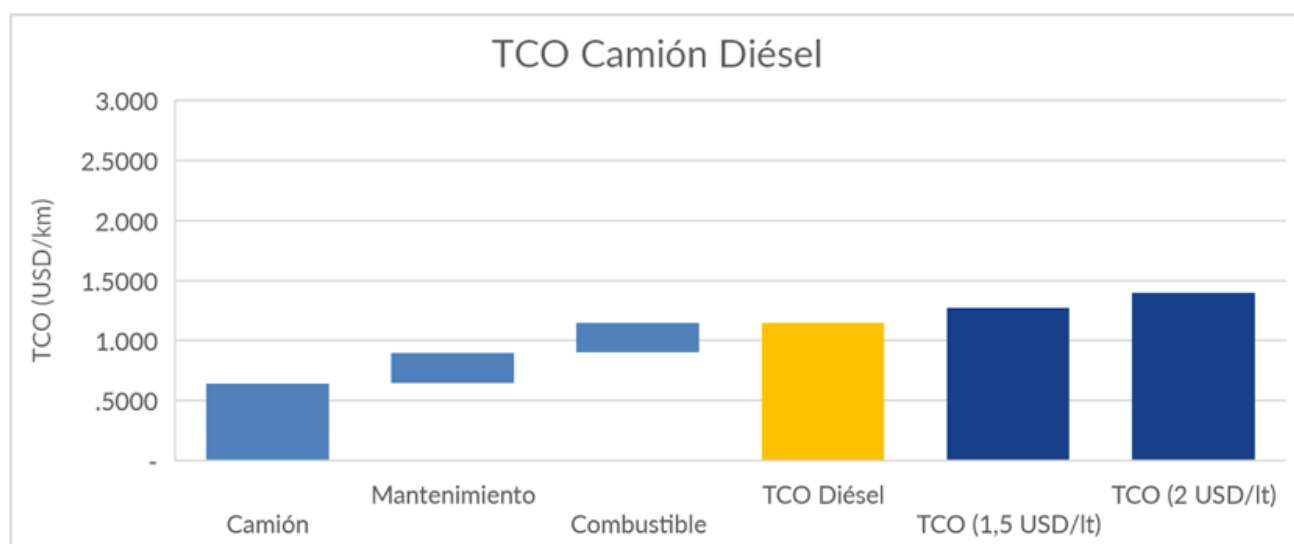
3.7. Análisis económico y despliegue temporal

En los capítulos anteriores se definió como la tecnología más apropiada para la sustitución de los camiones diésel los camiones eléctricos a batería. Es por este motivo que en esta sección se realizará un análisis preliminar del costo total de propiedad (TCO) de la tecnología en comparación con el diésel para luego definir el despliegue temporal. El Departamento de Energía Renovable de Estados Unidos (NREL) señala que se espera que el año 2035 todos los camiones eléctricos a batería para los distintos segmentos de operación sean costos competitivos con su similar en diésel. En primera instancia, se espera que el segmento de camiones de 4 a 6 toneladas sean los primeros en alcanzar el costo competitividad.

En el caso de CCU el segmento que mayor aporta a las emisiones totales corresponde al sector de 10 toneladas. Respecto a este segmento NREL señala que para camiones que operan menos de 150 km diarios el costo competitividad se alcanzará hacia el año 2035. Con el objetivo de realizar un análisis preliminar se consideró el costo del camión, mantenimiento y el costo del combustible o energía, según corresponda.

En primera instancia, al analizar el TCO del camión diésel que recorre 80 kilómetros diarios se tiene un costo por kilómetro de 1,15 USD/km con un costo de diésel de 1 USD/lt. En el caso en que aumente el precio del diésel a 2 USD/lt el costo por kilómetro alcanza 1,4 USD.

Figura N°19: TCO Camión Diésel.

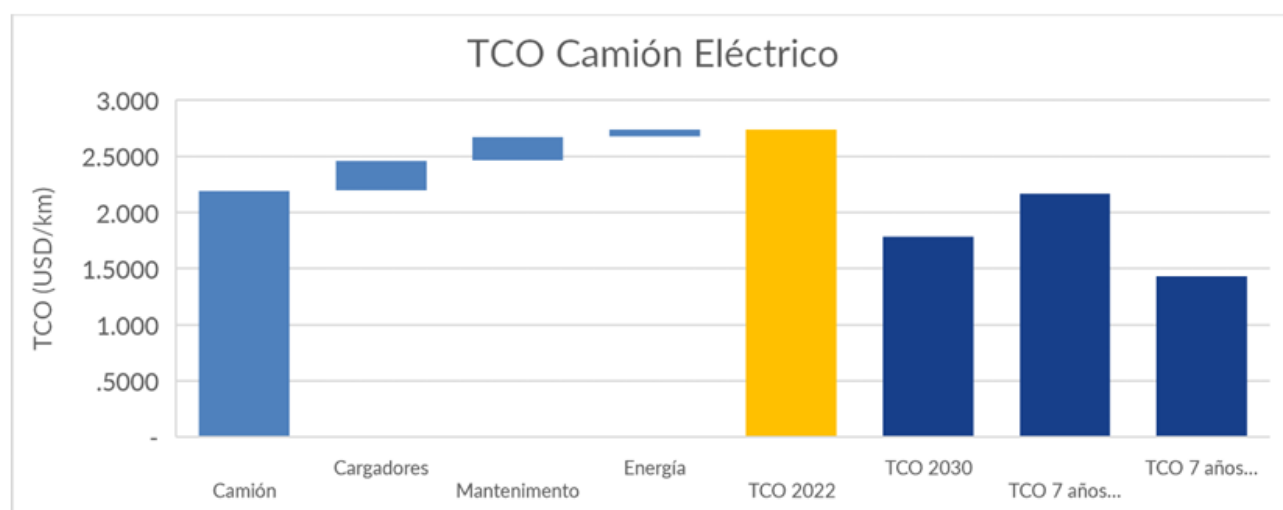


Fuente: Elaboración Propia.

Por otra parte, en el caso de los camiones eléctricos a batería se realizaron tres tipos de análisis. El primero, en donde se calcula el TCO para el año 2022. Luego el TCO proyectado hacia el 2030 utilizando los factores de reducción de costos esperados por NREL, quienes declaran que se espera que para ese año el costo del camión se reduzca en un 40% y el costo de los cargadores un 30%, este análisis se muestra bajo el nombre TCO 2030.

Finalmente, se analizó el costo competitividad de estos camiones para ambos años 2022 y 2030 ampliando la cantidad de años de operación, pasando de 5 a 7 años.

Figura N°20: TCO Camión Eléctrico.



Fuente: Elaboración Propia.

En el caso de los camiones eléctricos dada la reducción de costos esperada, se muestra que el TCO se podría reducir en un 35%, mientras aumentar la duración del camión de 5 a 7 años mejora el caso de negocio cerca de un 20%. Con lo cual, hacia el año 2030, y aumentando la duración a 7 años se alcanza un TCO cercano a 1,5 USD/km, lo cual sigue estando por sobre los resultados obtenidos en el caso del diésel. Lo anterior va en línea con los resultados entregados por NREL que muestran que para este segmento de carga el costo competitividad de los camiones eléctricos no se alcanzará hasta después del 2030.

Uno de los puntos relevantes en la tecnología de camiones eléctricos a batería es que a medida en que se aumenta la cantidad de kilómetros recorridos diariamente el costo competitividad se alcanza de forma más temprana. Esto se explica debido a que el costo de la energía para

cargar los camiones eléctricos es más barato comparativamente que el diésel, además de que los camiones eléctricos a batería son más eficientes.

Dado lo anterior, y entendiendo que existen distintas rutas a lo largo del país es que se sugiere que en fases posteriores se realice una priorización de las rutas, ya que, por ejemplo, rutas en regiones podrían ser más atractivas en lo económico que rutas que se ubican en Santiago, dado que en regiones por lo general se recorren mayores distancias. A continuación, se construirá el despliegue temporal de la tecnología para alcanzar la reducción de emisiones de un 50%. Para la construcción de esta propuesta temporal se utilizaron distintos criterios, los cuales se detallan a continuación:

- A finales del año 2030 se debe ser capaz de reducir un 50% de las emisiones respecto a las calculadas para el año 2022.
- Como se mostró anteriormente, los camiones eléctricos a batería en este segmento de carga no serán competitivos hasta posterior al año 2030, por lo cual se prefiere que la introducción de la tecnología se realice lo más tarde posible con el fin de aprovechar las reducciones de costos futuras.
- No obstante a lo anterior, considerando que existen periodos de aprendizaje se deben realizar introducciones tempranas, las cuales permitirán, entre otras cosas, generar conocimiento valioso para cuando se deba implementar la tecnología a gran escala
- Dado que uno de los puntos más reiterados por las empresas de transporte respecto a los incentivos que se requieren para la introducción de esta tecnología es que CCU se haga cargo del desarrollo de infraestructura de carga en los Centros de Distribución, se optará por minimizar la cantidad de Centros de Distribución en los cuales se deba realizar la instalación de infraestructura

En base a la minimización de los centros de distribución, se diagnostica que, como mínimo, se requiere de alcanzar la carbono neutralidad por completo de 9 centros de distribución, los cuales corresponden a Cervecera, Curauma, Santiago Sur, Talcahuano, Rancagua, Llay Llay, Talca, Temuco y Copiapó. La sustitución de camiones diésel por camiones eléctricos a batería que tiene que ocurrir cada año se muestra en la tabla a continuación. En total son cerca de 500 camiones los que se debe sustituir antes del fin del año 2030 para alcanzar con las metas de reducción de emisiones. Una de las ventajas de la estrategia propuesta es que recoge el hecho de que es probable que el costo paridad de la

tecnología para este segmento de carga no se alcance en los próximos años, con lo cual se opta por retrasar la sustitución, pero al mismo tiempo que en los Centros de Distribución se logre generar el conocimiento necesario a través de la introducción de una pequeña cantidad de camiones, lo cual obligará al desarrollo de estaciones de carga, y a la compresión de la logística debido a los tiempos de carga de estos sistemas.

Tabla N° 6: Cantidad de Camiones por Centro de Distribución según año.

Año	Santiago								
	Cervecera	Curauma	Sur	Talcahuano	Rancagua	Llay Llay	Talca	Temuco	Copiapó
2023	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2024	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2025	5	0	0	0	0	0	0	0	0
2026	8	5	5	5	5	0	5	0	0
2027	10	10	10	10	10	0	5	0	0
2028	10	10	10	10	10	5	10	0	0
2029	25	15	20	20	10	10	15	10	5
2030	40	21	39	42	19	14	16	19	10
Total Flota	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%

Fuente: Elaboración Propia.

4. Conclusiones

El propósito de este informe era acompañar técnicamente las decisiones relacionadas con la implementación de un plan de acción de descarbonización para el segmento de transportes CCU, cuyo objetivo es reducir las emisiones en un 50% hacia el año 2030. Para esto, en primera instancia se realizó una estimación de las emisiones base generadas en la actualidad en los distintos centros de distribución a nivel nacional, diagnosticándose cerca de 10.000 toneladas de CO₂e emitidas para el periodo entre enero y agosto de 2022. La gran mayoría de las emisiones calculadas se encuentran ubicadas en la macrozona centro, la cual concentra cerca de un 55% del total, además del total un 70% están relacionadas con el segmento de porteo de 10 toneladas, con lo cual se genera una priorización de este segmento de carga considerando las implicancias en las emisiones generadas.

Posteriormente se realizó un análisis de las distintas tecnologías existentes para la reducción de emisiones. Para esto, se analizaron diferentes posibles tecnologías.

Para analizar estas tecnologías se desarrolló, una serie de parámetros ponderadores los cuales permiten diagnosticar cuál es la mejor alternativa para reducir las emisiones y. cumplir con la meta hacia el año 2030.

En función del análisis de mercado y de los parámetros desarrollados, se pudo determinar que la mejor tecnología para la sustitución de camiones diésel corresponde a los camiones eléctricos a batería, la cual permitirá que efectivamente se logre la meta de reducción de emisiones. A pesar de esto, la implementación de camiones eléctricos a batería para este segmento aún cuenta con múltiples desafíos.

El análisis desarrollado en la presente investigación permite concluir que la implementación de soluciones de electromovilidad en la logística de distribución de CCU representa una alternativa técnica y estratégicamente viable para avanzar en los objetivos de descarbonización de la compañía, particularmente en las operaciones de porteo o distribución de última milla. La evaluación realizada evidencia que las principales condiciones operacionales de este tipo de distribución tales como recorridos urbanos repetitivos, menores distancias diarias y retorno periódico a centros de distribución generan un escenario favorable para la incorporación progresiva de camiones eléctricos.

Desde una perspectiva operacional, se identificó que las mayores barreras para la implementación masiva de electromovilidad en transporte de carga corresponden a la autonomía limitada de los vehículos, los tiempos de carga y la insuficiente infraestructura pública de electrolineras para recorridos de larga distancia. Sin embargo, el estudio demuestra que estas limitaciones pueden ser mitigadas mediante la instalación de infraestructura de carga privada en centros de distribución estratégicamente ubicados dentro de la red logística de CCU.

La implementación de cargadores para camiones eléctricos en centros de distribución permitiría transformar los CD en nodos energéticos de abastecimiento para la operación logística, reduciendo significativamente la dependencia de infraestructura pública externa. Esto permitiría asegurar continuidad operacional, disminuir tiempos muertos asociados a búsqueda de carga y optimizar la planificación de rutas y ventanas operacionales. Además, considerando que gran parte de las operaciones de porteo retornan diariamente a sus bases operativas, resulta técnicamente factible realizar procesos de carga nocturna mediante sistemas de carga lenta o semi-rápida, aprovechando horarios de menor demanda energética y menores costos eléctricos.

En términos de diseño operacional, la instalación de cargadores en centros de distribución permitiría implementar modelos de smart charging o carga inteligente, gestionando simultáneamente múltiples vehículos eléctricos y optimizando la demanda energética de cada instalación. Este sistema permitiría priorizar vehículos según programación de rutas, estado de carga y horarios de salida, mejorando la utilización de flota y reduciendo riesgos operacionales asociados a autonomía insuficiente. Asimismo, la integración de plataformas de

gestión energética y telemetría facilitaría el monitoreo en tiempo real del consumo eléctrico, disponibilidad de cargadores y rendimiento operacional de la flota eléctrica.

Una propuesta de infraestructura de carga eléctrica para camiones en un centro de distribución, considerando una configuración orientada a operaciones logísticas de alta demanda. El diseño contempla la instalación de múltiples dispensadores eléctricos de carga rápida DC de 120 kW, distribuidos en dos islas de carga principales, permitiendo abastecer simultáneamente una importante cantidad de vehículos eléctricos de distribución.

Desde una perspectiva técnica, la solución considera una arquitectura eléctrica robusta, incorporando transformadores de 750 kVA y 600 kVA, tableros de mantenimiento, canalización subterránea en media tensión y sistemas de respaldo energético. Además, se observa la implementación de Power Cube de 480 kW y 600 kW, los cuales permiten gestionar y distribuir eficientemente la potencia requerida por los distintos puntos de carga.

La propuesta evidencia un enfoque orientado a la continuidad operacional y escalabilidad futura, considerando:

- Distribución modular de cargadores.
- Separación entre islas de carga.
- Espacios de estacionamiento dedicados.
- Infraestructura de respaldo.
- Seguridad operacional mediante barreras físicas y control eléctrico.

En términos logísticos, este tipo de configuración resulta altamente compatible con operaciones de porteo en centros de distribución de CCU, donde los vehículos realizan recorridos urbanos diarios y retornan periódicamente a su base operacional. Bajo este modelo, los camiones podrían realizar procesos de carga programada durante ventanas nocturnas o periodos de baja operación, optimizando la utilización de la infraestructura y reduciendo impactos sobre la red eléctrica.

Asimismo, la incorporación de cargadores rápidos DC de 120 kW permitiría disminuir significativamente los tiempos de carga, habilitando incluso cargas parciales durante periodos operacionales, aumentando la disponibilidad de la flota y reduciendo riesgos asociados a autonomía limitada. Esto resulta especialmente relevante considerando que las operaciones

logísticas de distribución requieren altos niveles de continuidad y cumplimiento de ventanas horarias.

Otro aspecto relevante corresponde a la implementación de sistemas de smart charging o carga inteligente, los cuales podrían integrarse mediante los Power Cube y tableros de control presentes en el diseño. Esto permitiría:

- Priorizar carga según programación de rutas.
- Gestionar demanda energética.
- Evitar sobrecargas.
- Optimizar costos eléctricos.
- Monitorear consumo energético en tiempo real.

Adicionalmente, la solución propuesta facilita una futura integración con energías renovables y sistemas de almacenamiento energético, permitiendo avanzar hacia centros de distribución energéticamente más sostenibles y alineados con las metas de descarbonización de CCU.

En consecuencia, la implementación de infraestructura de carga como la presentada representa una solución técnicamente viable para la transición hacia flotas eléctricas en operaciones de distribución urbana y regional. La instalación de electrolineras privadas dentro de centros de distribución permite reducir la dependencia de infraestructura pública, asegurar continuidad operacional y generar las condiciones necesarias para la incorporación progresiva de electromovilidad en la logística de distribución de CCU.

Desde el punto de vista económico, si bien la implementación de infraestructura de carga implica inversiones relevantes en adecuaciones eléctricas, equipos y capacidad energética, el análisis evidencia que estos costos pueden amortizarse en el mediano y largo plazo mediante menores costos operacionales asociados al consumo energético y mantenimiento de vehículos eléctricos. En este sentido, el desarrollo de electrolineras privadas en centros de distribución permite maximizar el uso de la infraestructura instalada, especialmente en operaciones con alta frecuencia de utilización y planificación logística estable.

Adicionalmente, la incorporación de cargadores en centros de distribución fortalece la viabilidad de futuras estrategias energéticas asociadas a energías renovables,

almacenamiento energético y sistemas de gestión inteligente de carga. Esto permitiría a CCU avanzar hacia operaciones logísticas con menores emisiones de carbono, alineándose con los objetivos corporativos de sustentabilidad y con las políticas nacionales de descarbonización y electromovilidad impulsadas por el Estado de Chile.

En consecuencia, se concluye que la estrategia más eficiente para la incorporación inicial de electromovilidad en la logística de CCU corresponde a una implementación progresiva en operaciones de porteo urbano, apoyada por infraestructura de carga instalada directamente en centros de distribución. Esta solución permite reducir riesgos operacionales, asegurar continuidad logística y generar las condiciones necesarias para una futura expansión hacia operaciones de acarreo de mayor distancia, conforme evolucionen las tecnologías de baterías, autonomías e infraestructura energética disponible en el país.

5. Referencias

- Climate Watch. (2026). Emissions by sector. World Resources Institute. <https://www.climate-watchdata.org>
- Comisión Europea. (2024). Principales emisores de gases de efecto invernadero del mundo. Parlamento Europeo. <https://www.europarl.europa.eu>
- EDGAR – Emissions Database for Global Atmospheric Research. (2024). Global greenhouse gas emissions database. Comisión Europea, Joint Research Centre. <https://edgar.jrc.ec.europa.eu>
- El Orden Mundial. (2025). Mapa de la producción de litio en el mundo. <https://elordenmundial.com/mapas-y-graficos/mapa-produccion-litio-mundo/>
- Enel X. (2021). Conoce la nueva Ley de Eficiencia Energética. <https://www.enelx.com/cl/es/historias/conoce-la-nueva-ley-de-eficiencia-energetica>
- Giro Limpio. (s. f.). ¿Quiénes somos? Agencia de Sostenibilidad Energética. <https://www.girolimpio.cl/quienes-somos/>
- Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático. (2019). Gases y compuestos de efecto invernadero (GyCEI). Gobierno de México. <https://www.gob.mx/comisionambiental>
- Ministerio de Energía de Chile. (2023). Agenda inicial para un segundo tiempo de la transición energética. Gobierno de Chile. https://energia.gob.cl/sites/default/files/documentos/agenda_inicial_para_un_segundo_tiempo_de_la_transicion_energetica.pdf
- Ministerio de Energía de Chile. (2025). Estadísticas Giro Limpio: Transporte de carga terrestre 2025. Gobierno de Chile.
- Ministerio de Energía de Chile. (s. f.). Ecocarga: Red nacional de carga para vehículos eléctricos. Gobierno de Chile. <https://energia.gob.cl/electromovilidad/ecocarga>
- Ministerio de Energía de Chile. (s. f.). Tipos de vehículos eléctricos: BEV, PHEV y FCEV. Gobierno de Chile. [https://energia.gob.cl/electromovilidad/img/8.Tiposvehiculos-BEV,PHEV,FCEV\(Animada\)5f68a148b55e0.pdf](https://energia.gob.cl/electromovilidad/img/8.Tiposvehiculos-BEV,PHEV,FCEV(Animada)5f68a148b55e0.pdf)
- Our World in Data. (2025). CO₂ emissions by sector. <https://ourworldindata.org/emissions-by-sector>
- World Economic Forum. (2024). Transportation emissions and climate change. <https://www.weforum.org>