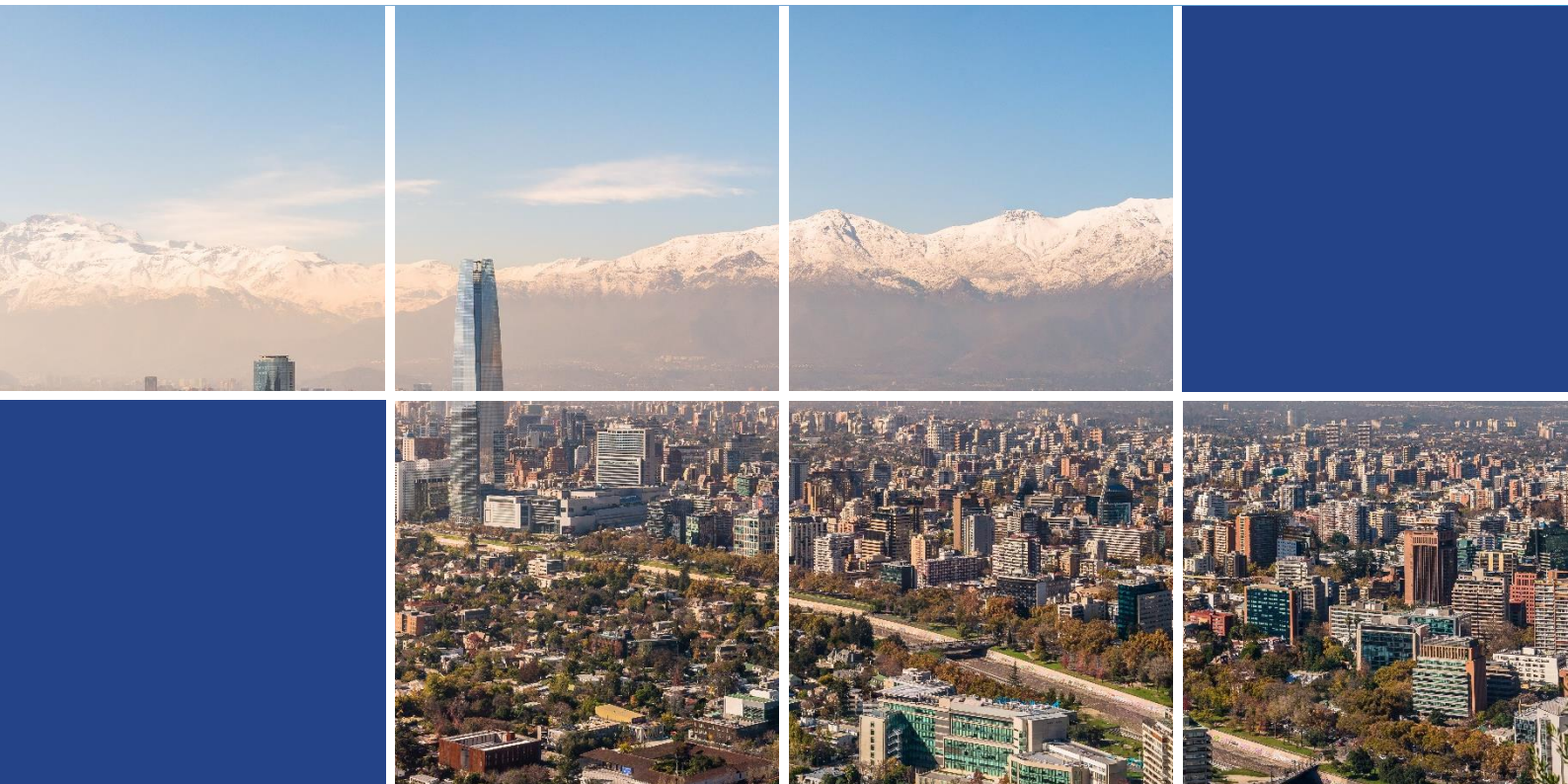


Evaluación de Necesidades Tecnológicas (TNA) y Plan de Acción Tecnológica (TAP) para la implementación de la NDC de Chile

Producto 3.3: Desarrollo del Plan de Acción Tecnológico – Sector Energía



Elaborado para:

Consultoría:

Evaluación de Necesidades Tecnológicas (TNA) y Plan de Acción Tecnológica (TAP) para la implementación de la NDC de Chile

Cliente:

Red y Centro de Tecnología del Clima (CTCN)

CTCN, Ciudad de las Naciones Unidas, Marmorvej 51, 2100 Copenhague, Dinamarca

<https://www.ctc-n.org/>

Producido por:

DEUMAN

AV. Vitacura 2909, Las Condes, Santiago, Chile

+56 2 32247478

www.deuman.com

Anthesis Lavola

Rambra de Catalunya, 6, 08007 Barcelona, España.

+34 938 51 50 55

<https://www.anthesisgroup.com/es/>

Detalles de contacto:

Itala Ferrer

lferrer@deuman.com

Lugar y fecha de presentación:

Santiago, 5 de abril del 2024.

Índice de contenido

Índice de contenido	3
Índice de tablas.....	5
Índice de figuras	5
Siglas y acrónimos.....	6
Resumen Ejecutivo	7
Plan de acción tecnológica - Sector energía	7
Alcance y ambición del plan.....	7
Acciones para el Plan de Acción Tecnológico Energía	8
Ideas de proyectos.....	9
1. Antecedentes.....	10
2. Análisis de barreras y marco habilitante (BAEF)	11
2.1. Tecnología 1. Almacenamiento de energía de corta y larga duración	11
2.1.1. Descripción de la tecnología	11
2.1.2. Análisis de barreras	13
2.1.1. Recomendaciones para levantar las barreras	15
2.2. Tecnología 2. Transporte pesado a hidrógeno verde	16
2.2.1. Descripción de la tecnología	16
2.2.2. Análisis de barreras	19
2.2.3. Recomendaciones para levantar las barreras	20
2.3. Tecnología 3. Sistema de autobús de tránsito rápido (BRT) con electromovilidad.....	21
2.3.1. Descripción de la tecnología	21
2.3.2. Análisis de barreras	24
2.3.3. Recomendaciones para levantar las barreras	27
3. Plan de Acción Tecnológico (PAT) para el sector Energía	29
3.1. Descripción general del sector.....	29
3.2. Ambición del PAT.....	29
3.3. Acciones y actividades	30
3.3.1. Tecnología 1. Almacenamiento de energía de corta y larga duración	30
3.3.2. Tecnología 2. Transporte pesado a hidrógeno verde	32
3.3.3. Tecnología 3. Sistema de autobús de tránsito rápido (BRT) con electromovilidad	34
3.4. Mapeo de actores para la implementación del PAT	35
3.5. Estimación de recursos necesarios para acciones y actividades.....	36
3.5.1. Necesidades para el fortalecimiento de capacidades.....	36
3.5.2. Estimación de costos de acciones y actividades	37
3.6. Planificación del proyecto.....	52
3.6.1. Medidas de gestión para el riesgo	52
3.6.2. Próximos pasos	57
3.7. Reporte y Monitoreo.....	57
4. Ideas de proyecto del sector.....	58
4.1. Idea de proyecto tecnología 1: Almacenamiento colectivo con diversidad de perfiles de consumo y demanda de energía	58
4.1.1. Objetivos.....	58
4.1.2. Actividades y cronograma del proyecto	58
4.1.3. Relación con las prioridades del país	59

4.1.4.	Beneficios del proyecto.....	60
4.1.5.	Presupuesto del proyecto	60
4.1.6.	Medidas de gestión de riesgo	62
4.2.	Idea de proyecto tecnología 2: Camión de recolección de basura con hidrógeno verde	62
4.2.1.	Objetivos.....	63
4.2.2.	Actividades y cronograma del proyecto	63
4.2.3.	Relación con las prioridades del país	64
4.2.4.	Beneficios del proyecto.....	65
4.2.5.	Presupuesto del proyecto	65
4.2.6.	Medidas de gestión de riesgo	67
4.3.	Idea de proyecto tecnología 3: BTR en el Gran Valparaíso	68
4.3.1.	Objetivos.....	68
4.3.2.	Actividades y cronograma del proyecto	68
4.3.3.	Relación con las prioridades del país	70
4.3.4.	Beneficios del proyecto.....	70
4.3.5.	Presupuesto del proyecto	71
4.3.6.	Medidas de gestión de riesgo	72
	Referencias bibliográficas	74
	Anexos.....	79
	Anexo 1. Metodología BAEF	79
	Anexo 2. Esquema causa – efecto	81

Índice de tablas

Tabla 1. Recomendaciones para el almacenamiento de energía de corta y larga duración	16
Tabla 2. Recomendaciones para la tecnología de transporte pesado a hidrógeno verde.....	20
Tabla 3. Recomendaciones para el sistema de autobús de tránsito rápido (BRT) con electromovilidad	27
Tabla 4. Alcance y ambición de la tecnología	29
Tabla 5. Acciones y actividades para la tecnología de almacenamiento de energía	31
Tabla 6. Acciones y actividades para la tecnología de hidrógeno verde.....	33
Tabla 7. Acciones y actividades para la tecnología de BRT con electromovilidad	34
Tabla 8. Tabla de planificación de las acciones para la implementación de las actividades de la tecnología 1	38
Tabla 9. Tabla de planificación de las acciones para la implementación de las actividades de la tecnología 2	43
Tabla 10. Tabla de planificación de las acciones para la implementación de las actividades de la tecnología 3	47
Tabla 11. Tipos de riesgos identificados para el sector	52
Tabla 12. Análisis de riesgos del sector de energía.....	53
Tabla 13. Análisis de riesgo de las tecnologías priorizadas del sector	55
Tabla 14. Identificación de las necesidades inmediatas y pasos críticos	57
Tabla 15. Estimación de costos de la idea de proyecto de la tecnología 1	61
Tabla 16. Actividades y cronograma de la tecnología 2.....	63
Tabla 17. Estimación de costos de la idea de proyecto de la tecnología 2	66
Tabla 18. Actividades y cronograma de la tecnología 3.....	68
Tabla 19. Estimación de costos de la idea de proyecto de la tecnología 3	71

Índice de figuras

Figura 1. Sistemas de almacenamiento de energía de corta y larga duración	11
Figura 2. Componentes de los sistemas de almacenamiento de energía	12
Figura 3. Producción y uso del hidrógeno verde en vehículos pesados de carga.	17
Figura 4. Consideraciones para la inserción de BRT	21
Figura 5 Secciones propuestas BRT	25
Figura 6. Metodología del BAEF	79
Figura 7. Esquema causa – efecto de las barreras y/o brechas existentes para la inserción de almacenamiento de energía de corta y larga duración	81
Figura 8. Esquema causa – efecto de las barreras y/o brechas existentes para la inserción de hidrógeno verde para vehículos pesados de carga	82
Figura 9. Esquema causa – efecto de las barreras y/o brechas existentes para la inserción del sistema de autobús de tránsito rápido (BRT) con electromovilidad	83

Siglas y acrónimos

ACTI	Asociación Chilena de Empresas de Tecnologías de la Información
BESS	Sistemas de almacenamiento de energía en baterías
BRT	Sistema de autobús de tránsito rápido
FCVs	Vehículos de celdas de combustible
GEI	Gases de Efecto Invernadero
IEA	Agencia Internacional de Energía (por sus siglas en inglés, International Energy Agency)
SEC	Superintendencia de Electricidad y Combustibles
SEN	Sistema Eléctrico Nacional
STEM	Science, Technology, Engineering and Mathematics (por sus siglas en inglés, ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas)

Resumen Ejecutivo

Plan de acción tecnológica - Sector energía

La evaluación de necesidades tecnológicas (TNA) en Chile, se desarrolló en 3 etapas: (1) identificación y priorización de tecnologías, (2) identificación y análisis de barreras para su implementación y (3) elaboración de planes de acción tecnológicas (PAT). Asimismo, preliminarmente a la ejecución de estas etapas se conformó un ecosistema de actores, que se establecieron en base al análisis de partes interesadas clave, el establecimiento de un comité directivo TNA y la formación de grupos de trabajo para el sector energía.

El PAT es un plan detallado que describe las acciones y estrategias necesarias para promover la adopción de las tecnologías identificadas en las etapas anteriores. Para el **sector energía** responde a los desafíos que están relacionados con la búsqueda de una resiliencia climática de la red eléctrica, autoconsumo energético sostenible, logística de transporte de carga, fomento del hidrógeno verde para transporte, entre otros.

Alcance y ambición del plan

El Plan de Acción Tecnológico responde a la NDC Chile y al Plan Sectorial de Cambio Climático del sector energía.

	Alcance	Ambición del Plan
Almacenamiento de energía de corta y larga duración	Enfocada en el respaldo de los sistemas eléctricos impulsados por fuentes renovables. La implementación de esta tecnología se presenta como un recurso para ampliar la participación de las energías renovables en la matriz energética nacional, evitando el desperdicio de la energía producida, según lo pronunciado en la Ley 21505.	Disminuir las emisiones de GEI asociados al consumo de combustibles fósiles mediante el uso de sistemas de almacenamiento de energía
Transporte pesado a hidrógeno verde	Comprende al transporte pesado (camiones pesados o de alto tonelaje, camiones mineros, camiones recolectores de basura) con celda de combustible a hidrógeno verde (fuel cell).	Aumentar el porcentaje de vehículos de transporte de carga con hidrógeno verde
Sistema de autobús de tránsito rápido (BRT) con electromovilidad	Comprende la inserción de un sistema de autobús de tránsito rápido con buses eléctricos en las regiones, considerando la experiencia de la región Metropolitana.	Aumentar el porcentaje de buses eléctricos en los sistemas de transporte público urbano

Acciones para el Plan de Acción Tecnológico Energía

Almacenamiento de energía de corta y larga duración	<p>A1. Promulgar el reglamento de la Ley 21505 que promueve el almacenamiento de energía eléctrica y la electromovilidad.</p> <p>A2.1. Fomentar los incentivos financieros para la inversión y operación de los sistemas de almacenamiento de energía.</p> <p>A2.2. Desarrollar incentivos financieros para la inversión y operación de los sistemas de almacenamiento de corta duración.</p> <p>A3. Elaborar una estrategia de fomento de proveedores dentro de la cadena de valor de la tecnología.</p> <p>A4. Fortalecer el capital humano que permita la correcta implementación de las tecnologías de almacenamiento de corta y larga duración.</p>	Ministerio de Energía CNE ASCC CORFO
Transporte pesado a hidrógeno verde	<p>A1.1. Desarrollar una estrategia de I+D+i para aumentar el nivel de madurez tecnológica del uso de hidrógeno verde en camiones pesados.</p> <p>A1.2 Fortalecer las estrategias de difusión de vehículos pesados a hidrógeno verde por sector.</p> <p>A2. Desarrollar sinergias entre diversos actores que permitan la promoción de la tecnología, su distribución y la generación de una cadena de valor.</p> <p>A3. Promover de mecanismos (económico, fiscales y regulatorios) que incentiven el uso de tecnologías de carga pesada con H2V en el mercado nacional.</p>	Ministerio de energía MTT
Sistema de autobús de tránsito rápido (BRT) con electromovilidad	<p>A1.1. Fortalecer la capacidad técnica y de gestión a los gobiernos regionales.</p> <p>A1.2. Apoyar técnicamente en el diseño del proyecto BRT eléctrico en el sistema de transporte público local.</p> <p>A2. Generar una estructuración financiera para la implementación de sistemas BRT eléctricos.</p> <p>A3.1. Desarrollar de una estrategia que permita la articulación de los diferentes actores y una transición justa del ecosistema del transporte público a nivel regional.</p> <p>A3.2. Incluir el transporte público dentro de los planes de ordenamiento territorial regionales.</p>	Ministerio de energía MTT

Ideas de proyectos

Almacenamiento colectivo con diversidad de perfiles de consumo y demanda de energía

El piloto tiene como finalidad generar un sistema de almacenamiento de energía de corto plazo en un parque industrial con perfiles de demanda y consumo diversos, cercano a una zona residencial, que idealmente pueda también formar parte del proyecto (perfil de demanda residencial). El proyecto busca mejorar la productividad de la industria y reducir el costo de la energía relacionada a las tarifas eléctricas en hora de punta.

Se espera que el proyecto pueda gestionarse e implementarse, aprovechando alguno de los Acuerdos de Producción Limpia territoriales que se encuentran en etapa de gestación o negociación, como impulso para dar solución a la seguridad energética y las emisiones de gases de efecto invernadero asociadas en un territorio.

Camión de recolección de basura con hidrógeno verde

El piloto consiste en disponer de un camión recolector de residuos sólidos domiciliarios propulsado a hidrógeno verde (H2V) que aproveche la energía producida en el relleno sanitario Santa Marta en la Región Metropolitana. Actualmente, el relleno sanitario recepciona el 30% de los residuos de la región y genera 5.000 MWh promedio de energía eléctrica al mes, esta fuente energética no convencional será utilizada para la generación de H2V que alimentará los camiones recolectores de residuos sólidos.

Se proyecta la instalación de una planta de producción de hidrógeno verde que cuente con un electrolizador propio en el relleno sanitario, así como las estaciones de carga necesarias para suministrar combustible H2V a los camiones mediante celdas de combustibles de hidrógeno cuando transportan la basura recolectada al lugar de disposición final.

BTR en el Gran Valparaíso

El piloto busca integrar un autobús de tránsito rápido (BTR) en el sistema de transporte público existente en Valparaíso. Esto implica la incorporación de la electromovilidad en el servicio de transporte urbano y la conexión con los medios de transporte eléctricos ya existentes en la región, como trolebuses, ascensores y el Tren Limache-Puerto.

1. Antecedentes

La Evaluación de Necesidades Tecnológicas (TNA) contempla una serie de etapas como la identificación y priorización de tecnologías, la identificación y análisis de barreras para su implementación y la elaboración de Planes de Acción para la Tecnología (TAP). En Chile se priorizaron previamente cuatro sectores: recurso hídrico, silvoagropecuario, energía y manejo de residuos; cada uno con subsectores y desafíos asociados.

A partir de un trabajo conjunto con el grupo de trabajo sectorial de energía, se identificaron diferentes desafíos para la red de generación eléctrica y transporte. Para el subsector de red generación eléctrica los desafíos incluyen buscar una resiliencia climática de la red eléctrica, soluciones integrales para la transición energética justa y autoconsumo energético sostenible, además, asegurar la cadena de suministro energética. Por otro lado, para el subsector transporte tienen desafíos como la logística de transporte de carga y última milla, la movilidad como servicio, el fomento del hidrógeno verde para transporte, infraestructura de soporte para la carga de electromovilidad y la gestión del transporte urbano.

En vista de la información recogida en el segundo grupo de trabajo, para responder los desafíos priorizados en el sector, se recopiló una serie de tecnologías. Posteriormente, mediante en el Tercer grupo de trabajo se priorizaron las siguientes tecnologías:

- Almacenamiento de energía de larga y corta duración
- Hidrógeno verde como combustible para vehículos pesados de carga
- Sistema de autobús de tránsito rápido (BRT) con electromovilidad

2. Análisis de barreras y marco habilitante (BAEF)



2.1. Tecnología 1. Almacenamiento de energía de corta y larga duración

2.1.1. Descripción de la tecnología

Las tecnologías de almacenamiento de energía desempeñan un papel fundamental en el respaldo de los sistemas eléctricos impulsados por fuentes renovables. Estas tecnologías permiten guardar el excedente de energía producida por fuentes renovables para su uso posterior cuando la demanda lo requiera [1].

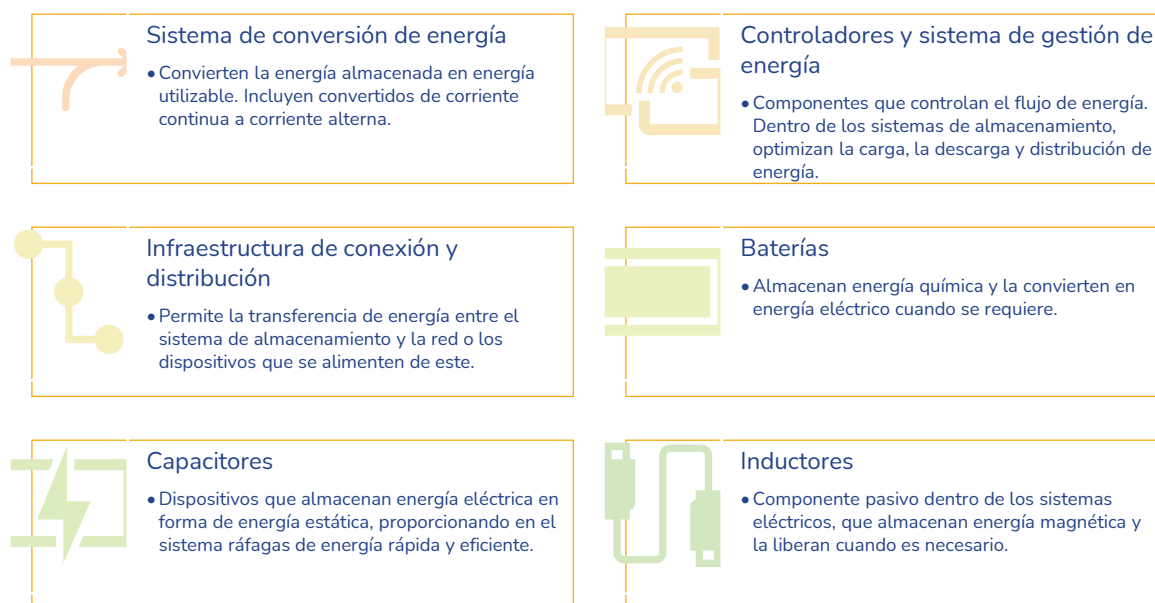
Existen dos tipos de almacenamiento según el tiempo que se mantenga la energía almacenada. Los **sistemas de almacenamiento de energía de corta duración (SDES)** permiten descargar energía en lapsos de hasta máxima 10 horas a su potencia nominal y son de vital importancia para los sistemas de energía renovable (sola fotovoltaica y eólica), permitiendo equilibrar la generación y la demanda. Por otro lado, los **sistemas de almacenamiento de larga duración (LDES)** hacen referencia a cualquier tecnología que, de manera rentable, puede guardar energía por largos periodos de tiempo y expandirse económicamente para mantener un suministro eléctrico estable durante horas, días o incluso semanas [2].

Figura 1. Sistemas de almacenamiento de energía de corta y larga duración

 Sistemas de almacenamiento de energía de corta duración	 Sistemas de almacenamiento de energía de larga duración
<ul style="list-style-type: none">• Sistema con capacidad de descarga de energía es menor de 10 horas en su potencia nominal.• Las tecnologías más conocidas son el almacenamiento en baterías (BESS) y el almacenamiento hidroeléctrico de bombeo.• Los BESS son dispositivos electroquímicos que transforman la energía eléctrica de diversas fuentes en energía química almacenada mediante componentes químicos de alta conductividad eléctrica y estabilidad, emplean iones de litio, níquel y plomo-sodio.• Permite la integración a los sistemas de generación renovable (solar, eólica) ya que permite entregar energía en momentos fuera de sus horas pico de generación [54].• Entre sus beneficios se encuentra el suministro continuo de energía en condiciones climáticas extremas, de alta demanda de energía o el consumo de energía almacenada durante el día en las noches [55].	<ul style="list-style-type: none">• Sistema con capacidad de descarga de energía es mayor a 10 horas entregando su potencia nominal.• Se logra utilizando diversos enfoques, como el almacenamiento mediante sistemas mecánicos, térmicos, electroquímicos o químicos.• Los sistemas de larga duración emplean diferentes fluidos y sistemas para poder generar energía eléctrica.• Entre estos se encuentra el almacenamiento de energía en el aire comprimido (CAES), aire líquido, energía solar concentrada (CS) con almacenamiento térmico, almacenamiento basado en hidrógeno, energía hidroeléctrica por bombeo.

Aunque los componentes de los sistemas de almacenamiento de energía pueden variar dependiendo del tipo y la escala de sistema, a continuación, se detallan los componentes mínimos que hacen parte de estos:

Figura 2. Componentes de los sistemas de almacenamiento de energía



Fuente: Elaboración propia en base a BID [3].

A. Justificación

La implementación de tecnologías para el almacenamiento de energía se presenta como un recurso para ampliar la participación de las energías renovables en la matriz energética nacional, evitando el desperdicio de la energía producida, según lo pronunciado en la Ley 21505. Esta Ley contribuiría a aprovechar de manera eficiente la energía producida y esencialmente a avanzar en la descarbonización de la matriz al desincentivar la dependencia de las centrales a carbón aún presentes en el país.

Además de fomentar el cumplimiento de la ley mencionada, la implementación de tecnologías para el almacenamiento de energía contribuye en otros aspectos como:

- **Transición hacia una matriz energética limpia:** Estos sistemas permiten capturar y almacenar la energía generada por fuentes renovables, como la energía eólica y solar, para su uso posterior cuando la demanda sea alta o cuando las condiciones de generación no sean óptimas. Esto evitaría el desperdicio de energía y contribuye a una mayor eficiencia en el sistema eléctrico.
- **Seguridad y estabilidad energética:** Los sistemas de almacenamiento de energía permiten equilibrar la oferta y la demanda de energía, lo que ayuda a evitar apagones y garantiza un suministro confiable. Esto es especialmente relevante en situaciones de alta demanda o cuando se producen fluctuaciones en la generación de energía renovable debido a condiciones climáticas variables
- **Reducción de costos:** El almacenamiento de energía puede contribuir al ahorro de costos energéticos puesto que permiten al usuario hacer uso de la energía almacenada en lugar de comprar energía adicional de la red. Además, el almacenamiento puede contribuir a la reducción de costos de mantenimiento y operación de la red eléctrica [4].
- **Reducción de emisiones GEI:** Al incrementar la capacidad de aprovechamiento de energía renovable, se reduce la dependencia de las centrales de carbón y se avanza en el proceso de descarbonización de la fuente energética. Esto conlleva a una disminución de las emisiones de GEI

asociadas al uso de combustibles fósiles para la generación de energía. Es importante destacar que el sector energético constituyó el principal emisor de GEI en el país, contribuyendo con el 51% del total de emisiones registradas en el año 2020 [5], por lo que la implementación de la tecnología evidenciaría importantes reducciones para el sector.

B. Avances de implementación

En los últimos años se ha observado una tendencia decreciente en los costos de generación de energía eléctrica a través de BESS debido al avance tecnológico. A nivel mundial, según los informes de la IEA y su dependencia de energías renovables [6], el costo nivelado de la energía (LCOE) de los sistemas BESS ha disminuido un 85% entre 2010 y 2020, pasando de 980 USD/MWh a 150 USD/MWh. Esta tendencia de disminución se espera que continúe y que el LCOE de los sistemas BESS alcance un rango de 50 a 120 USD/MWh para 2030, lo que hará más dinámico el mercado [7].

Además, desde 2016 se viene desarrollando la modificación de la Ley N° 20936 que “Establece un nuevo sistema de transmisión eléctrica y crea un organismo coordinador independiente del sistema eléctrico nacional” que busca promover una matriz energética más eficiente, flexible y menos contaminante. Como resultado de ello se registran 191,5 MW de capacidad instalada de diferentes sistemas de almacenamiento con los que cuenta el país [8].

Mientras que, desde el 2020 la Superintendencia de Electricidad y Combustibles (SEC) en conjunto al Ministerio de Energía desarrollaron “Instrucción técnica RGR N°06/2020: Diseño y ejecución de instalaciones de sistemas de almacenamiento de energía a través de baterías en instalaciones eléctricas” donde indican todas las condiciones y requisitos necesarios para la instalación de diferentes tecnologías de almacenamiento en industrias y viviendas, regulando el marco técnico, económico y seguridad [8]. Finalmente, en noviembre del 2022 se promulgo la Ley N° 21505, la cual aún se encuentra en periodo de reglamentación.

Algunas experiencias del uso de almacenamiento energético lo tienen el proyecto “Energía Renovable de Atacama” que cuenta con una planta solar fotovoltaica de 100 MW y un parque de baterías de litio BESS que almacena cerca de 200 MWh [9]. Otra experiencia ha sido desarrollada en el Archipiélago de Chiloé con el uso de baterías de litio para reducir el consumo de diésel en cinco islas del archipiélago [10].

2.1.2. Análisis de barreras

2.1.2.1. Económicas - financieras

A pesar de que los sistemas de almacenamiento de energía de corta duración como los BESS están cada vez más cerca de ser competitivos con otras fuentes de generación y almacenamiento de energía eléctrica, como la hidroeléctrica, la eólica o la solar fotovoltaica, aún existen desafíos importantes en la cadena de producción y costos [11]. Entre ellos se encuentran la integración con la red eléctrica, la regulación del mercado y la gestión del ciclo de vida. Es fundamental adoptar medidas para fomentar el desarrollo e innovación de los sistemas de almacenamiento, tales como incentivos económicos, marcos normativos claros y flexibles, y estándares técnicos y ambientales. Estos son pasos necesarios para mejorar la rentabilidad de los sistemas BESS y su viabilidad a largo plazo.

A. Costos altos de instalación y mantenimiento

En cuanto a la rentabilidad de los sistemas BESS, el costo de instalación y mantenimiento es un factor importante por considerar. Según un estudio realizado por la Universidad de Chile (2019) [12], el costo de instalación de un sistema BESS en el país oscilaba entre 500 a 1000 USD/kW, dependiendo de varios factores. En cuanto al costo de mantenimiento se estima entre 10 a 20 USD/kW-año considerando los costos operativos, la sustitución de componentes y la degradación de las baterías. Estos costos representaban entre el 40% y el 60% del costo total del sistema BESS a lo largo de su vida útil. Por lo cual, es importante buscar formas de reducir estos costos, como mejorar el diseño e integración del sistema, optimizar la vida útil de las baterías y aprovechar las economías de escala y aprendizaje con el fin de garantizar la rentabilidad y la viabilidad a largo plazo de los sistemas BESS [13].

Sin embargo, en un estudio de asesoría financiera, se identificó que a un horizonte de cinco años los costos de inversión de los sistemas de almacenamiento de energía se reducirán significativamente, hasta en un 38% en alguno de los casos, como el de las Baterías de Ion-Litio [14].

2.1.2.2. Institucionales, políticas y regulatorias

A. Falta de promoción de sistemas de almacenamiento de energía en el sector comercial y residencial

A pesar de las iniciativas mencionadas en la sección previa, en el grupo de trabajo se mencionó la falta de promoción de los sistemas de almacenamiento de energía residenciales que, a diferencia del sector comercial e industrial, no cuenta con parámetros específicos para la instalación de sistemas de almacenamiento de energía y de incentivos directos para la adopción de esta tecnología. Esta falta de promoción puede desacelerar la transición hacia un modelo energético más sostenible y limitar el alcance de las iniciativas gubernamentales.

2.1.2.3. Técnicas y de capacidad

El país cuenta con carreras técnicas y profesionales enfocadas al sector energético y cursos activos de sistemas de almacenamiento de baterías y sistemas eléctricos y electrónicos de potencia. Sin embargo, es necesaria una mayor promoción y difusión de estas carreras y cursos que permitan incrementar el número de personas interesadas en desarrollarse en este sector que tiene un mercado muy demandante. Esto se debe a la **sobreoferta de personal profesional** especializado en el tema, pero un **déficit en la oferta de personal técnico**, según lo expuesto por los expertos en el grupo de trabajo de análisis de barreras y brechas existentes.

2.1.2.4. Socio culturales, informativas y de concientización

Dado que se trata de una tecnología relativamente nueva, parte de la población no se encuentra familiarizadas con esta y puede tener dudas o desconfianza sobre su uso. Además, el **desconocimiento** sobre los beneficios económicos a largo plazo también puede limitar la aceptación de la tecnología. Otro factor importante es la falta de conciencia sobre el impacto del cambio climático y las emisiones de GEI. Aunque Chile ha firmado y ratificado varios tratados internacionales sobre cambio climático, existe un trabajo en proceso sobre la concientización a la población sobre la importancia de reducir las emisiones y adoptar tecnologías limpias como los sistemas de almacenamiento de energía por baterías.

En ese sentido, la resistencia al cambio también puede ser una barrera para la adopción de estas tecnologías, debido a que la población puede resistirse a cambiar a nuevas opciones tecnológicas, de acuerdo con lo planteado en el grupo de trabajo de análisis de barreras y brechas existentes.

2.1.2.5. Género

A. Menores posibilidades de participación femenina en la investigación, diseño e ingeniería del almacenamiento de energía

En Chile actualmente existe una brecha de género en la educación y la formación técnica, donde el porcentaje de mujeres en carreras STEM es menor al 30% en la matrícula de primer año, situación que no cambia desde hace una década [15], lo que implica que pocas mujeres acceden a programas educativos y oportunidades de capacitación relacionadas con la tecnología y la ingeniería. Además, según la Asociación Chilena de Empresas de Tecnologías de la Información (ACTI), la participación femenina en tecnología de la información es cercana al 5% [16].

Esto puede limitar la participación femenina en roles claves relacionados con la tecnología de almacenamiento de energía como la investigación, el diseño y la ingeniería. Según informó el Ministerio de Energía, la participación femenina en el sector energético es solo del 23%. En los directorios representan al 25%, entre los CEOs al 10%, en las gerencias, un 18%, y como subgerentes, 17%. Lo cual podría traducirse en la asignación desproporcionada de hombres en roles técnicos y decisionales, mientras que las mujeres podrían ser subrepresentadas en estas áreas y ser redirigidas hacia roles administrativos o de apoyo. Por ello, la única área donde predomina la fuerza laboral femenina en el sector energético en Chile es en el área administrativa con un 51% [17].

2.1.2.6. Ambientales

A. Afectación a ecosistemas y comunidades por la explotación de recursos necesarios para su fabricación

Las baterías pueden alterar los ecosistemas y las comunidades locales al demandar la extracción de recursos minerales como el litio, el cobalto o el níquel para su fabricación, debido a que en estos procesos de extracción se generan grandes cantidades de emisiones de óxido de carbono, se hace uso del agua y ocasionan contaminación del suelo [18]. Un ejemplo de esto fue el ocurrido en El Salar de Atacama, donde se ubica la mayor producción de Litio a nivel mundial, su explotación ha causado una disminución crítica de las cantidades de agua superficial y subterránea del desierto más árido de la Tierra, lo cual afectó negativamente la calidad de vida de las comunidades aledañas [19]

También puede tener un impacto ambiental asociado a la instalación de los módulos de almacenamiento al costado de una generadora renovable, estos módulos pueden requerir una infraestructura física que implique un cambio de uso de suelo, una ocupación de espacio y una generación de residuos lo que termina alterando el estado natural del ecosistema.

Además, las baterías generan un volumen significativo de residuos peligrosos a lo largo de su vida útil que pueden resultar peligrosos para la salud y el medio ambiente en general si no se realiza un manejo adecuado [20]. El MMA tiene establecido el desarrollo de un marco regulatorio para la recolección y valorización de los residuos de baterías.

2.1.1. Recomendaciones para levantar las barreras

En análisis de causa-efecto para la tecnología (ver Figura 4) se identificó que falta de un sistema de almacenamiento de energía de corta y larga duración para mejorar la estabilidad del Sistema Eléctrico Nacional (SEN). El efecto se produce como consecuencia de una baja potencia instalada y baja participación en la matriz energética de los sistemas de almacenamiento, desconocimiento y resistencia

al cambio al preferir tecnologías tradicionales, así como los bajos niveles de especialización en los y las técnicos del sector. Estas causas son resumidas en 5 barreras y/o brechas presentadas en la Tabla 1 junto a su traducción en soluciones.

Tabla 1. Recomendaciones para el almacenamiento de energía de corta y larga duración

Barreras / brechas identificadas	Nivel de prioridad	Potencial medida
B1. Ausencia del reglamento de la Ley 21505 que promueve el almacenamiento de energía eléctrica y la electromovilidad	Crítica	M1. Promulgación del reglamento de la Ley 21505 que promueve el almacenamiento de energía eléctrica y la electromovilidad
B2. Altos costos de inversión y mantenimiento de la tecnología	Importante	M2.1 Fomento de incentivos financieros para la inversión y operación de los sistemas de almacenamiento de larga duración M2.2 Fomento de incentivos financieros para la inversión y operación de los sistemas de almacenamiento de corta duración
B3. Escasez de proveedores a nivel nacional que den respuesta a la demanda del almacenamiento de energía de corta duración	Importante	M3. Elaboración de una estrategia de fomento de proveedores dentro de la cadena de valor de la tecnología
B4. Escasez de proveedores a nivel nacional que den respuesta a la demanda del almacenamiento de energía de corta duración	Crítica	M4. Elaboración de una estrategia de fomento de proveedores dentro de la cadena de valor de la tecnología
B5. Falta de capital humano especializado para la implementación de la tecnología en el país	Importante	M5. Fortalecimiento del capital humano que permita la correcta implementación de las tecnologías de almacenamiento de corta y larga duración.

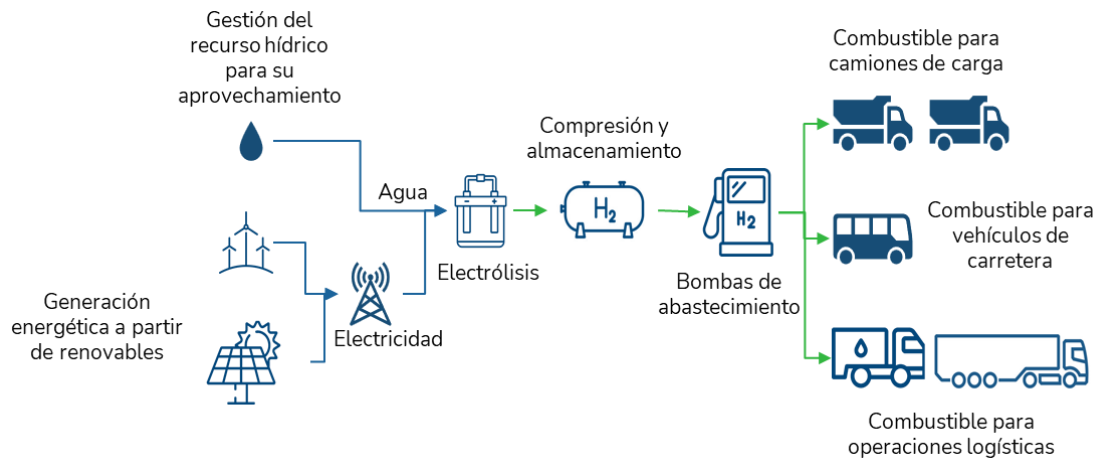
Fuente: Elaboración propia.

2.2. Tecnología 2. Transporte pesado a hidrógeno verde

2.2.1. Descripción de la tecnología

El hidrógeno verde (H2V) es un tipo de hidrógeno producido a partir de fuentes de energía renovable (como la solar, la eólica y la hidroeléctrica) mediante el proceso de electrólisis que descompone el agua en sus elementos constituyentes (hidrógeno y oxígeno) [21]. El H2V puede ser utilizado como combustible en diferentes tipos de vehículos pesado, incluidos vehículos de carga como los CAEX, vehículos pesados de carretera y para otro tipo de vehículos que presten otros servicios. En la Figura 3 se observa los procesos para la generación de H2V y su aprovechamiento en vehículos pesados de carga.

Figura 3. Producción y uso del hidrógeno verde en vehículos pesados de carga.



Fuente: Elaboración propia en base a DSS+[22]

El enfoque actual para el uso del H2V en el sector transporte pesado está relacionada con los vehículos eléctricos de celdas de combustible (FCVs), estas celdas pueden convertir hidrógeno en electricidad para alimentar al vehículo a través de un motor eléctrico. De acuerdo con la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), los vehículos de celda de combustible serían más adecuados para aplicaciones pesadas debido a que pueden almacenar más energía que los vehículos eléctricos de batería y tendrían una autonomía mayor que estos [23].

En complemento, el **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** presenta los pasos a tomar en cuenta a los actores que pretendan implementar esta tecnología.

Box 1. Características operativas de la puesta en marcha de la tecnología 2

La Unión Europea desarrollo el proyecto HECTOR para la implementación de camiones de residuos con pila de combustible de hidrógeno verde, y desarrollaron un manual con consideraciones para su operación [24], las cuales se listan a continuación.

1. **Infraestructura de reabastecimiento de combustible:** es necesario planificar cómo se alimentará el vehículo, ya que la construcción de una estación de servicio puede llevar hasta dos años, desde la planificación hasta la puesta en servicio. Si se construye una nueva estación de hidrógeno, es necesario considerar:
 - La demanda diaria de hidrógeno: generalmente, cuanto mayor es la demanda de hidrógeno, menor es el precio por kg H2 a producir.
 - La presión a la que el vehículo repostará: Los camiones de residuos dentro del proyecto HECTOR están diseñados en su mayoría para repostar a 350 bar de presión, aunque un camión repostará a 700 bar.
 - Que la puesta en servicio de la estación de servicio coincida con la entrega del vehículo/s.
 - El tipo de contratos de repostaje y el precio por kg de H2, por ejemplo, acuerdos de toma o pago o pago en surtidor.
2. **Modificaciones en el depósito y el taller de la flota:** Para almacenar y mantener de forma segura el camión, puede que sea necesario actualizar su depósito de almacenamiento y/o taller. Como primer paso, se recomienda contratar expertos para realizar una evaluación del depósito. Esta evaluación debe revisar el riesgo asociado con la operación y el mantenimiento de vehículos de hidrógeno dentro del depósito, al mismo tiempo que evalúa las prácticas de mantenimiento existentes en términos de riesgo de explosión. El riesgo de explosión deriva de la acumulación de gas en combinación con una posible fuente de ignición.
3. **Entrenamiento:** La mayoría de los fabricantes ofrecen algún tipo de formación sobre el tema del hidrógeno para los conductores y los técnicos de mantenimiento; sin embargo, en la actualidad esto no está formalizado y varía según el fabricante. Se sugiere que la institución líder del proyecto considere dentro de los compromisos de las licitaciones:
 - Intervención temprana invitando a los conductores a reunirse con el fabricante para conocer los vehículos antes de la entrega;

- Capacitación introductoria seguida de una capacitación más profunda una vez que se entregaron los camiones;
- Pruebas de conducción, por ejemplo, en el proyecto HECTOR de la Unión Europea, los instructores del fabricante permanecieron en el lugar al inicio de las operaciones y siguieron a los camiones en sus propios vehículos personales para apoyar la capacitación mientras los conductores utilizaban los camiones en rutas reales.

Es aconsejable impartir formación adicional sobre seguridad general del hidrógeno y repostaje.

4. **Planificación y prueba de ruta:** Es importante tener en cuenta en la etapa de adquisición la ruta por la que circulará el camión de residuos.

A. Justificación

La implementación del H2V en los vehículos pesados es de gran importancia para Chile por varias razones.

- **Transformación de la minería:** el uso de H2V en camiones mineros (CAEX) puede reducir significativamente las emisiones de GEI y otros contaminantes.
- **Reducción de emisiones GEI:** Esta clase de vehículos, reduce las emisiones de GEI, puesto que luego de pasar por el motor, el H2V sale en forma de agua. De acuerdo con los estudios recopilados por la CMNUCC para Noruega y China, la reducción de emisiones asociada a la implementación de celdas de hidrógeno en vehículos pesados y autobuses podría oscilar entre un 48% a un 77%, incluyendo las emisiones de GEI de la fabricación de los vehículos y de transmisión [23].
- **Mayor autonomía:** Los vehículos de carga pesada con celdas de hidrógeno tienen una mayor autonomía que otros vehículos eléctricos como los de batería, es decir, pueden recorrer un mayor kilometraje sin necesidad de detenerse a repostar. De acuerdo con la CMNUCC, los camiones ya existentes que funcionan con celdas de combustible cuentan con una autonomía de 400 a 450 km y el tiempo de recarga necesario oscila entre los 8 y 20 minutos [23].
- **Mayor capacidad de carga:** El camión de celdas de combustible tiene la ventaja de transportar más carga en comparación a otros camiones eléctricos, puesto que estos últimos requieren de baterías de mayor tamaño y capacidad, lo que reduciría su capacidad de carga en miles de libras. En cambio, el camión de celdas de combustible utiliza una batería de menor tamaño y capacidad que afecta ligeramente la carga, ya que principalmente utiliza hidrógeno como fuente de energía. Aunque algunos camiones de celdas de combustible podrían tener baterías un poco más grandes, el peso de la batería no es un problema significativo para ellos. En comparación, con otros camiones eléctricos, estos podrían requerir otro camión adicional para llevar la misma carga debido a esta limitación por el tamaño de la batería [25].

Por otro lado, da respuesta a las metas establecidas en la Hoja de Ruta de Hidrógeno Verde de Chile, en específico con la Etapa 1 (2020 – 2025): Para activar la industria doméstica y desarrollar su exportación; se busca su aplicación del hidrógeno verde en camiones mineros (CAEX) y en camiones pesados de ruta [26]. Así como, para el cumplimiento de las metas NDC de contar con el 71% de transporte de carga con uso de hidrógeno verde.

B. Avances de implementación

Respecto al **hidrógeno verde como combustible para vehículos pesados**, se ha identificado que en el sector minero existe una oportunidad relevante para la implementación de la tecnología debido a la importancia del sector a nivel nacional y a los altos consumos de combustible asociados al transporte de materiales. De acuerdo con H2 Chile, actualmente diferentes empresas mineras como Codelco, han planificado como estrategia de mitigación de GEI el cambio de camiones CAEX clásicos de alto consumo de diésel por una nueva flota que cuente con celdas de hidrógeno verde. Empresas como Engie y Cirso Chile han desarrollado algunos pilotajes de CAEX propulsados por celdas de combustible de H₂ [27]. Además, el año 2021 el Servicio Nacional de Geología y Minería, publicó la “Guía de pilotos y validación de tecnologías que utilizan hidrógeno como combustible en minería” donde establece los requisitos y procedimientos que deben seguir las empresas para implementar dichos vehículos a sus flotas [28].

Algunas experiencias internacionales sobre el uso del hidrógeno verde como combustible lo tienen el proyecto organizado por WaterstofNet en el marco del proyecto Life and Grab Hy en Alemania, el cual consiste en camiones eléctricos recolectores de basura con celdas de combustible (40 kW) de hidrógeno [29]. Otra experiencia se encuentra en Suiza, donde Hyundai entregará camiones eléctricos con celdas de combustible a hidrógeno que serán utilizados para transporte de mercancías por todo el país [30].

2.2.2. Análisis de barreras

2.2.2.1. Económicas - financieras

A. Altos costos de producción

Según el informe emitido por la Agencia Internacional de Energías Renovables (IRENA), los precios de producción del hidrógeno verde rondan por los 8 USD/kg debido a los elevados costos de las tecnologías para su producción [31]. Este precio aun no lo hace competitivo con el diésel en el mercado actual.

2.2.2.2. Institucionales, políticas y regulatorias

A. Falta de incentivos al mercado

Según lo expuesto por los expertos en la mesa de trabajo todavía existe una falta de incentivos a la demanda interna y no se está llegando a cumplir con la planificación realizada por el gobierno de Chile en el estudio “Tecnologías del Hidrógeno y Perspectivas para Chile” publicada en 2019. El mismo problema se encuentra en las cadenas de producción e investigación.

2.2.2.3. Técnicas y de capacidad

A. Falta de personal capacitado

En la mesa de trabajo los expertos mencionaron la falta de personal profesional capacitado y un alto déficit de personal técnico especializado en todas las etapas del mercado del hidrógeno verde, además menciona la falta de carreras técnicas enfocadas a la tecnología en los institutos de formación a nivel nacional.

2.2.2.4. Socio culturales, informativas y de concientización

2.2.2.5. Género

A. Menores posibilidades participación femenina en investigación, diseño e ingeniería del hidrógeno verde como combustible

La industria automotriz ha sido tradicionalmente dominada por hombres. En el Tercer Reporte de Indicadores de Género en las Empresas en Chile [32] se encontró que las mujeres representaban un 42,4% de la industria. De forma específica, representaban a un 16,5% de las gerencias locales y un 11,5% en directorios. A esta incipiente e ínfima participación, se suma que las principales gerencias en las que trabajan las mujeres chilenas en esta industria son en marketing y comunicaciones (Cannoni, 2019) [33]. Partiendo de ello, existe una menor representación de mujeres en roles técnicos, de ingeniería o de toma de decisiones en este campo.

2.2.2.6. Ambientales

A. Alto consumo de recurso hídrico para la producción de hidrógeno verde

El proceso de producción implica la electrólisis del agua, lo que requiere grandes volúmenes de agua. Según estudios realizados por Smith (2022)[34] indica que es necesario aproximadamente 9 litros de agua para producir 1 kilogramo de hidrógeno verde. Además, se estima que se necesitan alrededor de 60 litros de agua para generar suficiente hidrógeno para un vehículo pesado de carga durante 100 kilómetros. Por lo tanto, este uso intensivo de agua plantea desafíos significativos en regiones donde ya existe escasez de este recurso vital.

Asimismo, la obtención de agua puede implicar extracciones de acuíferos subterráneos, lo que puede tener impactos negativos en los ecosistemas locales y la disponibilidad de agua para otros usos [35]. Es crucial considerar estos efectos hídricos antes de ampliar la producción de hidrógeno verde para vehículos pesados [36]. En el caso de Chile, la producción en la zona norte sería necesaria la instalación de plantas desalinizadoras ya que esta región actualmente ya se encuentra en una crisis hídrica para el consumo de la población según un estudio realizado por la Universidad de Chile [37].

2.2.3. Recomendaciones para levantar las barreras

En el análisis de causa-efecto para la tecnología (ver Figura 5) se identificó que como efecto de las barreras y brechas existentes se falta de una cadena de producción y consumo para el uso del hidrógeno verde a nivel nacional y como fuente de combustible para vehículos pesados. Este efecto se produciría debido a la baja aceptación de la tecnología por parte de los usuarios finales, de los vehículos pesados, y por la falta de planificación de una demanda o economía de escala. Estas brechas y barreras son causadas por 4 proposiciones que fueron convertidas en soluciones en la Tabla 2.

Tabla 2. Recomendaciones para la tecnología de transporte pesado a hidrógeno verde

Barreras identificadas	Nivel de prioridad	Potencial medida
B1. Bajo nivel de madurez tecnológica en el país	Importante	M1.1 Desarrollo de una estrategia I+D+i aplicada que permita aumentar el nivel de madurez tecnológica del uso de vehículos pesados propulsados a hidrógeno verde M1.2 Fortalecimiento de las estrategias de difusión de vehículos pesados a hidrógeno verde

Barreras identificadas	Nivel de prioridad	Potencial medida
B2. Pocos distribuidores de tecnologías (vehículos, sistemas de carga, mantenimiento)	Importante	M2. Desarrollo de sinergias entre diversos actores que permitan la promoción de la tecnología, su distribución y la generación de una cadena de valor
B3. Bajos incentivos para la inserción de transporte pesado a hidrógeno verde	Crítica	M3. Promoción de mecanismos (económico, fiscales y regulatorios) que incentiven el uso de tecnologías de carga pesada con H2V en el mercado nacional

Fuente: Elaboración propia.

2.3. Tecnología 3. Sistema de autobús de tránsito rápido (BRT) con electromovilidad

2.3.1. Descripción de la tecnología

Un BRT es una solución de transporte público diseñada para mejorar la capacidad y la confiabilidad del servicio en ciudades con altos niveles de congestión vehicular. Se basa en carriles exclusivos, que solo pueden ser utilizados por los autobuses de gran tamaño operados por las compañías de BRT. Para implementar un sistema BRT, es necesario construir nuevas carreteras, intercambiadores, terminales y estaciones modernas a lo largo de las rutas. En esencia, es un sistema de transporte ferroviario ligero que emplea autobuses en lugar de trenes [38], [39]. En la Figura 4, se presentan las principales consideraciones que deben tenerse en cuenta para la implementación de un BRT.

Figura 4. Consideraciones para la inserción de BRT



Fuente: Elaboración propia en base a Nuestro Transporte Público [40]

La CEPAL también brinda precisiones adicionales acerca de los elementos y aspectos previamente mencionados en relación con los Sistemas de Transporte Rápido por Autobús (BRT), dado que no todos los sistemas BRT presentan idénticas características. Por ejemplo, si bien los carriles exclusivos resultan fundamentales para agilizar los tiempos de operación, no es imperativo que estos carriles se

extiendan a lo largo de todo el trayecto de los autobuses; en ciertos tramos, podría permitirse el tráfico mixto, siempre y cuando se garantice un corredor central dedicado al BRT. Además, las soluciones tecnológicas implementadas en el sistema pueden variar, adaptándose al contexto específico de cada proyecto, lo que incluye decisiones sobre la inclusión de comodidades como aire acondicionado en las estaciones y vehículos, así como la utilización de Sistemas de Transporte Inteligente [41].

Por último, para disminuir la resistencia del público al uso de los sistemas BRT, la CEPAL subraya la importancia de establecer una comunicación efectiva y una estrategia publicitaria sólida, que permita diferenciar claramente este sistema de transporte de los servicios tradicionales de autobús. Esto desempeña un papel crucial en demostrar la efectividad de la política pública de transporte, fomentando la aceptación por parte del público. Dicha estrategia podría abarcar elementos como la creación de logotipos distintivos, nombres impactantes, eslóganes llamativos y promociones atractivas [41].

En complemento, el Box 2 presenta los pasos a tomar en cuenta a los actores que pretendan implementar esta tecnología.

Box 2. Características operativas de la puesta en marcha de la tecnología 3

De acuerdo con la Guía de Planificación de Sistemas BRT [42], la implementación de un BRT consiste en las siguientes etapas:

1. **Preparación del proyecto:** consiste en la organización inicial del proyecto, con su mapeo de actores y asignación de responsabilidades, análisis de la demanda, selección de corredores (de las vías específicas en las cuales se construirá el sistema BRT). Esta selección de corredores no solo tendrá impacto sobre la posibilidad de usos del sistema por parte de amplios segmentos de la población, sino que también tendrá profundos impactos en el desarrollo futuro de la ciudad. Finalmente, la comunicación del proyecto, a modo de preparación del público objetivo y principales beneficiarios del proyecto
2. **Diseño operacional:** contempla el diseño de redes y servicios, la capacidad del sistema y velocidad, las intersecciones y control de señales y el servicio al cliente (número de estaciones, personal a contratar, puntos informativos, entre otros)
3. **Diseño físico:** abarca la infraestructura y tecnología.
 - **Infraestructura:** da al proyecto una sustancia tangible a la población involucrada, también permite dar al equipo de planeación estimar mejor los costos reales en términos de capacidad para el proyecto. Incluye diversos componentes como: infraestructura de la vía del bus, infraestructura de los alimentadores, estaciones, estaciones de transferencia intermedia, terminales, patios, centro de control, señales de control de tránsito, espacio comercial (si lo hubiera), servicios públicos, paisaje.
 - **Tecnología:** aquí se deben evaluar las diversas opciones tecnológicas existentes para vehículos, sistemas de recolección de tarifas y los sistemas de transporte inteligente (ITS). Para esta tecnología en específico se contemplan vehículos eléctricos. La selección de una tecnología adecuada es relevante, porque adicional a sus beneficios ambientales, sirve para construir una imagen de modernidad, conciencia ambiental y sofisticación que contribuye a vender los conceptos de proyecto tanto a funcionarios gubernamentales, inversores y población en general.
4. **Integración:** el BRT debe integrarse completamente con otras opciones y modos de transporte en la ciudad donde se implementará. Al maximizar la interface del sistema con otras opciones, los diseñadores del sistema están ayudando a optimizar la base potencial de usuarios.
5. **Plan de Negocios:** se compone de 3 partes, estructura de negocios e institucional, costos operacionales y tarifas, y financiación.
 - **Estructura de negocios e institucional:** un sistema operado de manera privada a través de un sistema de concesiones licitadas de manera competitiva puede proporcionar el conjunto adecuado de incentivos para ganancias y servicio al cliente. En conjunto con un rol de control fuerte por parte de una institución pública, este tipo de sistemas puede asegurar un producto de alta calidad al usuario.
 - **Costos operacionales y tarifas:** estos sistemas deberían ser diseñados para funcionar sin subsidios operacionales desde el inicio del proyecto. Con una comprensión de los componentes de costo operacionales y las ganancias esperadas con un nivel de tarifa asequible, se puede obtener un costo que beneficie a todos los actores involucrados.

- **Financiación:** en comparación con otras opciones de transporte masivo, los costos capitales y operacionales del BRT ponen estos sistemas dentro del alcance de muchas ciudades, incluidos los de renta baja. No obstante, existen recursos nacionales e internacionales que pueden financiar este tipo de proyectos.
6. **Evaluación e Implementación:** un plan de monitoreo y evaluación permitirá obtener una indicación cuantificable y objetiva del desempeño general del sistema, la retroalimentación de un plan como este puede identificar las fortalezas y debilidades del sistema, llevando a acciones correctivas.

B. Justificación

La implementación de sistemas de BRT pueden generar impactos tanto en la calidad de vida, la productividad, la salud y la seguridad de los habitantes de las ciudades, por lo que se posiciona como una alternativa eficiente y rentable para el transporte público masivo en las ciudades. A continuación, se señalan brevemente los múltiples beneficios de los BRT:

- **Reducción de los tiempos de viaje:** Además de las altas velocidades que pueden alcanzar los autobuses por su circulación en un carril exclusivo, otros componentes del sistema aceleran los tiempos de abordaje de los pasajeros, reduciendo los tiempos de viaje, y por tanto la calidad de vida de los usuarios en general. Esto incluye las plataformas elevadas al nivel del autobús, el pago del pasaje antes de abordar, generalmente en las entradas de las estaciones; y buses de gran capacidad de pasajeros con disponibilidad de múltiples puertas [43].
- **Reducción de emisiones:** Los sistemas de BRT reducirían las emisiones gases efecto invernadero y de contaminantes atmosféricos locales, favoreciendo la mejora de la calidad del aire de la ciudad. Esta reducción de emisiones es el resultado de la reducción de kilómetros recorridos y las mejoras tecnológicas de los autobuses que permitirían su funcionamiento a partir de energía eléctrica o biocombustibles [43]. Evidencia de esto, es la reducción de cerca de 60 tCO₂eq por cada vehículo que conforma la red Santiago en la región Metropolitana de Santiago, de acuerdo con lo estimado por el Ministerio de Transporte y Comunicaciones [44].
- **Impactos positivos sobre la salud pública:** Los BRT presentan beneficios en materia de salud pública al reducir el número de muertes y lesiones en carretera, reducción de la exposición de los habitantes a contaminantes atmosféricos nocivos y el aumento de la actividad física de los usuarios por cuenta del desplazamiento e ingreso a las estaciones [43].

Además, el BRT puede promover el desarrollo urbano sostenible, la inclusión social, la equidad territorial, la participación ciudadana, y generar empleo y riqueza en la comunidad [39]. Por ello, su enfoque en la eficiencia del transporte público y la reducción de impactos negativos en el entorno, posicionan la tecnología como una herramienta clave para abordar los desafíos actuales de la movilidad. Sin embargo, es importante considerar que cada ciudad debe evaluar sus particularidades y adaptar el diseño y la planificación del sistema a sus necesidades específicas.

C. Avances de implementación

Con respecto a los avances en implementación de **sistema de autobuses de tránsito rápido (BTR)**, la región Metropolitana cuenta con Transantiago desde 2005, año en el que se puso en marcha la primera flota de buses articulados, para años más tarde acoger a la totalidad de buses de transporte público dentro de un mismo sistema de planificación a cargo del Ministerio de Transporte y Telecomunicaciones [45]. Además, en el último foro de electromovilidad realizado por el portal

periodístico “Portal Movilidad”, Ignacio Rivas de Agencia de Sostenibilidad indicó que a fines del 2023 Santiago tendrá un tercio de su flota operando con buses eléctricos, 3000 unidades, así como la ciudad de Antofagasta que comenzará a operar sus primeras unidades antes de finalizar el año [46]

Por otro lado, con respecto al marco regulatorio de los BRT, es importante destacar que Chile ha implementado diversas acciones normativas y regulaciones con la finalidad de propiciar su despliegue. Una de estas acciones ha sido la elaboración de un marco legal específico que define los principios, objetivos, funciones y competencias de las autoridades y operadores involucrados en el transporte público urbano. Este marco legal se sustenta en la Ley N° 20.378, “que crea un subsidio nacional para el transporte público remunerado de pasajeros” y modifica la Ley N° 18.696; ley que busca asegurar la calidad, eficiencia, seguridad y equidad del servicio, así como fomentar la participación ciudadana y la transparencia en la gestión del sistema.

2.3.2. Análisis de barreras

2.3.2.1. Económicas - financieras

A. Elevados costos de la infraestructura

Una de las más comunes es el costo elevado de la infraestructura que acompaña la tecnología del BRT, como i) los carriles exclusivos, ii) las estaciones elevadas, iii) los sistemas de pago y iv) control, entre otros. De acuerdo con el CMNUCC el costo de esta tecnología varía entre 1 a 8 millones de dólares por cada km de construcción [47]. Estos costos pueden suponer una limitación financiera para los gobiernos locales, que deben buscar fuentes de financiamiento adecuadas y sostenibles para el desarrollo y la operación del sistema.

Algunos instrumentos financieros que pueden promover la implementación del BRT son los préstamos internacionales, las asociaciones público-privadas, los impuestos a los combustibles o a los vehículos particulares, o los mecanismos de captura de valor [39].

B. Falta de rentabilidad frente a otros modos de transporte

Otra barrera económica que puede dificultar la implementación del BRT es la falta de rentabilidad o competitividad del sistema frente a otros modos de transporte público o privado. Esto puede deberse a factores como i) el bajo nivel tarifario, ii) la baja demanda de pasajeros, iii) la alta competencia informal o ilegal, o iv) la falta de incentivos o subsidios para el BRT [48], [39].

2.3.2.2. Institucionales, políticas y regulatorias

Otra medida relevante ha sido la definición de estándares técnicos y operativos para el diseño, construcción, equipamiento y funcionamiento de los sistemas BRT a nivel nacional. Estos se basan en recomendaciones internacionales y experiencias exitosas de otros países, y tienen como finalidad asegurar la calidad, eficiencia, seguridad y sostenibilidad del sistema. Así mismo, abarcan aspectos como las características de los buses, estaciones, carriles exclusivos, sistemas de pago y control, así como sistemas de información al usuario.

Además, se ha implementado una tercera medida normativa relacionada con la creación de mecanismos e instrumentos financieros para el financiamiento y gestión económica del sistema BRT. Estos mecanismos e instrumentos tienen como propósito garantizar la sostenibilidad financiera del sistema, así como incentivar y compensar a los actores involucrados en el transporte público. Algunos ejemplos de estos mecanismos son los subsidios al transporte público urbano e interurbano, el Fondo

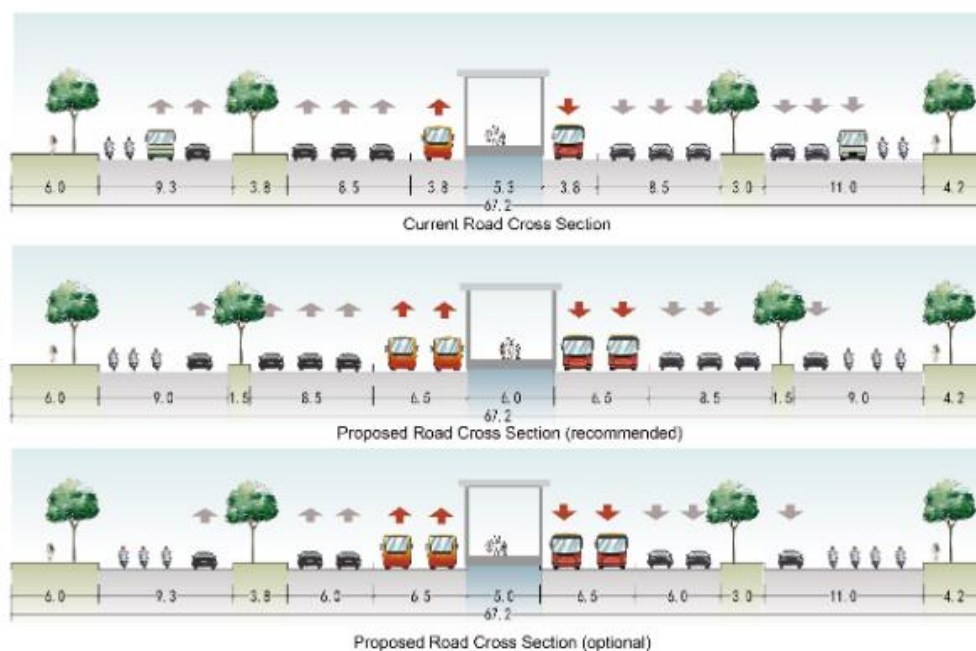
Nacional para el Fomento del Transporte Público Urbano e Interurbano (FONATPU) y el Sistema Integrado de Recaudación Tarifaria (SIRT).

2.3.2.3. Técnicas y de capacidad

A. Espacio requerido para la construcción de vías y estaciones

La implementación de un sistema BRT implica la construcción de una infraestructura específica, que le otorgue al sistema prioridad y fluidez en el tráfico. Esta infraestructura incluye carriles exclusivos, estaciones de acceso rápido y cómodo, y sistemas de control que regulen la circulación y la frecuencia de los buses. Sin embargo, muchas ciudades no disponen de la infraestructura necesaria para alojar el sistema de manera eficaz lo que puede ocasionar problemas en la operación y afectar su rendimiento [49].

Figura 5 Secciones propuestas BRT



B. Capacitación insuficiente

Un problema que afecta la operación de un sistema BRT es la baja oferta de profesionales de diversos rubros, como conducción segura, manejo de la tecnología a bordo de los autobuses y conocimiento de los procedimientos operativos. Esta situación genera una falta de competencias necesarias para garantizar una operación eficiente y segura, lo que puede poner en riesgo la calidad del servicio y la seguridad de los usuarios. Las capacitaciones para los operarios están a cargo de del SENSE, por medio del Programa Fórmate para el Trabajo, línea Transporte. Actualmente, se están desarrollando los primeros pilotos en capacitación de técnicos y profesionales especializados en cargadores de vehículos eléctricos [46].

2.3.2.4. Socio culturales, informativas y de concientización

A. Desconocimiento de los beneficios económicos

La implementación de un sistema BRT puede ofrecer diversos beneficios económicos, como la reducción de los costos de operación y mantenimiento del transporte público, la mejora de la eficiencia

del tráfico y el fomento del desarrollo económico local. Sin embargo, si la población no está informada sobre estos beneficios, es posible que no se reconozca el valor económico del sistema BRT y se subestime su importancia para la comunidad [49].

B. Atomización de actores

Otro de los problemas expuestos por los expertos en la mesa de trabajo es la atomización de los actores participantes en las diferentes rutas de transporte a nivel nacional, esto significa que las diferentes rutas cuentan con unidades de diferentes dueños y en otros casos los conductores son los dueños de los vehículos, lo cual generara problemas de operación en los patios de carga y tiempos de ruta entre unidades.

2.3.2.5. Género

A. La implementación de un sistema de BRT sin un enfoque de género puede dejar de lado las necesidades de seguridad y protección que afectan principalmente a las mujeres.

En el 2021, en su estudio “*Sobre experiencias de violencia sexual en medios de transporte y espacios públicos*”, el Observatorio contra el Acoso Chile (OCAC) reportó que el 83% de mujeres reconoció haber sido acosada sexualmente en las vías públicas o abordaje de los micros, principalmente a través de silbidos u observaciones, y acosos físicos [50]. En ese sentido, de acuerdo con Monje (2015) [51] actualmente la inseguridad ha sido identificada como una de las principales razones por la cual evitan los sistemas de transporte. Es por ello, que las mujeres chilenas actualmente consideran más seguros los vehículos privados como el automóvil o la bicicleta, en comparación a los “micros” o la caminata a pie [50]. Si no se abordan las preocupaciones y necesidades de las mujeres por protección, ya sea a través de iluminación, la presencia de personal de seguridad, la seguridad en las paradas de autobús o durante los desplazamientos, esto puede convertirse en una barrera significativa para que las mujeres utilicen el sistema de BRT con electromovilidad.

B. La implementación de un sistema de BRT sin un enfoque de género, puede dejar de lado las necesidades de cuidado que afectan principalmente a las mujeres

En Chile, en promedio las mujeres dedican 21 horas más al trabajo doméstico no remunerado que los hombres (OECD, 2021). Este trabajo involucra actividades como quehaceres domésticos (cocinar, limpiar, hacer compras, lavar ropa, planchar, etc.), tareas de cuidado (niños, niñas, personas enfermas, personas dependientes y quienes tienen algún tipo de discapacidad) y trabajo voluntario (Vera y Reyes, 2018 [52]). De acuerdo con Sánchez de Madariaga (2015) [51], a pesar de la importancia de este trabajo en la vida de las mujeres, los sistemas de transporte tienden a diseñar su infraestructura y rutas de acuerdo con las necesidades de viajes de trabajo remunerado en el espacio público. De esta manera solo toman en cuenta la movilidad del hogar hacia los lugares de trabajo, la cual es predominantemente masculina. A esto se suma que la distribución desigual entre trabajo remunerado y no remunerado en las parejas tiende a bifurcarse más con la paternidad, la cual afecta a la mitad de las parejas chilenas con hijos menores de 15 años, donde un progenitor trabaja a tiempo completo y el otro de forma no remunerada (OECD, 2021) [53]. Sabiendo que las mujeres chilenas, son quienes más utilizan el transporte público (68%) y la caminata (55,3%) como medios de movilidad en comparación a los hombres, los sistemas de transporte deben incorporar el concepto de “movilidad del cuidado” donde tomen en cuenta los patrones de viaje que realizan principalmente las mujeres. De igual manera, se pueden tomar en cuenta la inclusión de servicios de cuidado infantil en las cercanías

de las paradas de autobús, que faciliten a las parejas y especialmente mujeres a conciliar la vida familiar-laboral.

2.3.2.6. Ambientales

A. Impactos ambientales en la etapa de construcción del BRT

Estas barreras se relacionan con los efectos negativos que puede tener la construcción y operación del sistema BRT sobre el ambiente y los ecosistemas locales. Por un lado, el cambio de uso de suelo debido a la necesidad de construir infraestructuras específicas para el sistema BRT, como carriles exclusivos y estaciones. Estas infraestructuras pueden suponer la eliminación de áreas verdes y la afectación de ecosistemas locales, lo que puede generar pérdida de biodiversidad, erosión del suelo y alteración del paisaje [49]

Por otro lado, la construcción y expansión de la infraestructura asociada al sistema BRT puede implicar la deforestación de áreas naturales y la pérdida de hábitats de flora y fauna. Esto puede generar una reducción de los servicios ecosistémicos, como la regulación climática, la provisión de agua y la conservación del suelo. Una tercera barrera que puede obstaculizar la implementación del BRT es el impacto negativo que puede tener el sistema sobre el desarrollo económico y social de las zonas por donde circula. Esto puede deberse a factores como la pérdida de espacio público, la afectación al comercio local, la disminución del valor de las propiedades, o la generación de externalidades negativas como ruido o contaminación [48].

2.3.3. Recomendaciones para levantar las barreras

En el análisis de causa-efecto para la tecnología de BRT con electromovilidad (ver Figura 9) se identificó que como efecto de las barreras y brechas que existen dificultades en la gobernanza de los proyectos en la elaboración del perfil, análisis de prefactibilidad, ejecución y mantenimiento de los BRT que aseguren su implementación a nivel nacional. Este efecto se produciría como consecuencia de las limitaciones en el desempeño del sistema por un inadecuado recambio de flotas eléctricas y la falta de aceptación del cambio de los sistemas del transporte público. Estas brechas y barreras son resumidas en 4 proposiciones presentadas en la Tabla 3 junto a su traducción en soluciones.

Tabla 3. Recomendaciones para el sistema de autobús de tránsito rápido (BRT) con electromovilidad

Barreras identificadas	Nivel de prioridad	Potencial medida
B1. Poca capacidad técnica y de gestión de los gobiernos regionales para la implementación de los BRT	Importante	M1.1 Fortalecimiento de la capacidad técnica y de gestión a los gobiernos regionales M1.2 Apoyo técnico en el diseño del proyecto BRT eléctrico en el sistema de transporte público local
B2. Altos costos de inversión del sistema BRT eléctricos, versus los presupuestos y/o recursos que poseen los gobiernos regionales	Importante	M2. Búsqueda de una estructuración financiera para la implementación de sistemas BRT eléctricos
B3. Dificultad de obtención de los permisos socioambientales que se requiere para estos tipos de proyectos	Critico	A3.1 Desarrollo de una estrategia que permita la articulación de los diferentes actores y una transición justa del ecosistema del transporte público a nivel regional

Barreras identificadas	Nivel de prioridad	Potencial medida
		A3.2 Aplicación de la gestión del transporte público dentro de los planes de ordenamiento territorial regionales

Fuente: Elaboración propia.

3. Plan de Acción Tecnológico (PAT) para el sector Energía

3.1. Descripción general del sector

El sector energía presenta diversos desafíos tanto para el subsector de red de generación eléctrica como para el subsector transporte, estos están relacionados con la búsqueda de una resiliencia climática de la red eléctrica, autoconsumo energético sostenible, logística de transporte de carga y última milla, fomento del hidrógeno verde para transporte, entre otros.

El sector energía es el principal responsable de las emisiones de GEI, con un 77% de las emisiones totales del año 2018. En la actualidad y a partir del compromiso adquirido en la NDC, Chile se comprometió a alcanzar la neutralidad de emisiones de GEI para 2050, debiendo implementar medidas relacionadas a la electromovilidad, hidrógeno verde, industria sostenible y retiro de centrales térmicas.

Para hacer frente a los desafíos establecidos en el sector y contribuir con la meta planteada en la NDC, se priorizaron las siguientes tecnologías:

- **Tecnología 1:** Almacenamiento de energía de corta y larga duración
- **Tecnología 2:** Transporte pesado a hidrógeno verde
- **Tecnología 3:** Sistema de autobús de tránsito rápido (BRT) con electromovilidad

3.2. Ambición del PAT

La ambición del PAT responde a las metas de la Contribución Determinada a Nivel Nacional (NDC) de Chile, Por lo que la implementación de este instrumento de gestión contribuirá al cumplimiento de las metas climáticas del país en el sector energía.

Tabla 4. Alcance y ambición de la tecnología

Tecnología	Alcance	Metas de la NDC	Ambición del PAT
Almacenamiento de energía de corta y larga duración	Las tecnologías de almacenamiento de energía desempeñan un papel fundamental en el respaldo de los sistemas eléctricos impulsados por fuentes renovables. La implementación de tecnologías se presenta como un recurso para ampliar la participación de las energías renovables en la matriz energética nacional, evitando el desperdicio de la energía producida, según lo pronunciado en la Ley 21505.	Contribuir a que entre el 2020 y 2030, el presupuesto de emisiones de GEI no superará las 1.100 MtCO ₂ eq, con un máximo de emisiones (peak) de GEI al 2025, y a que al 2030, se alcance un nivel de emisiones de GEI de 95 MtCO ₂ eq.	Disminuir las emisiones de GEI asociados al consumo de combustibles fósiles mediante el uso de sistemas de almacenamiento de energía.
Transporte pesado a hidrógeno verde	La tecnología comprende al transporte pesado (camiones pesados o de alto tonelaje, camiones mineros, camiones recolectores de basura) con celda de combustible a hidrógeno verde (fuel cell).	Contribuir a que al 2050, el 71% de transporte de carga se realice con hidrógeno verde.	Aumentar el porcentaje de vehículos de transporte de carga con hidrógeno verde

Tecnología	Alcance	Metas de la NDC	Ambición del PAT
BTR con electromovilidad	Comprende la inserción de un sistema de autobús de tránsito rápido con buses eléctricos en las regiones, considerando la experiencia de la región Metropolitana.	Contribuir que al 2040, el 100% de buses de transporte público urbano serán eléctricos	Aumentar el porcentaje de buses eléctricos en los sistemas de transporte público urbano

Fuente: Elaboración propia.

3.3. Acciones y actividades

En los capítulos anteriores se determinaron las principales barreras con respecto a la aplicación de cada una de las tres tecnologías seleccionadas, así como su nivel de prioridad y las potenciales medidas para superarlas. El siguiente paso es identificar acciones generales y específicas a implementar por los sectores para superar dichas barreras.

3.3.1. Tecnología 1. Almacenamiento de energía de corta y larga duración

Para esta tecnología se identificaron 4 barreras principales, las medidas generales identificadas para superar dichas barreras son las siguientes:

- **Promulgación del reglamento de la Ley 21505 que promueve el almacenamiento de energía eléctrica y la electromovilidad:** esta medida se propuso debido a la falta de promoción de sistemas de almacenamiento de energía residenciales y la ausencia de parámetros específicos para la instalación de estos sistemas. De esta manera, se realizará una evaluación de los ingresos económicos por transferencia de energía y se potenciará el sistema mediante el almacenamiento a incluir en el reglamento de la Ley 21505.
- **Fomento de incentivos financieros para la inversión y operación de los sistemas de almacenamiento de larga duración:** esta medida surge respecto a los altos costos de inversión y mantenimiento de la tecnología en el mercado energético actual, por lo cual se buscará financiamiento a través de programas de subvención y fondos nacionales y/o internacionales que se puedan aplicar y se realizarán convenios de colaboración público - privada para la instalación y operación de almacenamiento de energía.
- **Fomento de incentivos financieros para la inversión y operación de los sistemas de almacenamiento de corta duración:** esta medida surge respecto a los altos costos de inversión y mantenimiento de la tecnología en el mercado energético actual y se plantea realizar un análisis de incentivos fiscales para la entrada masiva de la tecnología de almacenamiento de corta duración en el corto plazo y una difusión de los beneficios de esta tecnología.
- **Elaboración de una estrategia de fomento de proveedores dentro de la cadena de valor de la tecnología:** esta medida se propuso debido a que existe una escasez de proveedores a nivel nacional que den respuesta a la demanda del almacenamiento de energía. Por lo cual, se plantea realizar una identificación de los actores claves en la cadena de valor del almacenamiento de energía de corta duración e incluirlos en una plataforma pública para su fomento y accesibilidad de estos a los usuarios.
- **Fortalecimiento del capital humano que permita la correcta implementación de las tecnologías de almacenamiento de corta y larga duración:** esta medida surge debido a la

falta de capital humano especializado en la implementación de la tecnología en el país y puede tener una gran utilidad respecto a la difusión de las diferentes carreras técnicas y profesionales enfocadas en el sector.

Tabla 5. Acciones y actividades para la tecnología de almacenamiento de energía

Barrera	Medidas generales	Acciones generales	Actividades específicas
B1. Ausencia del reglamento de la Ley 21505 que promueve el almacenamiento de energía eléctrica y la electromovilidad	M1. Promulgación del reglamento de la Ley 21505 que promueve el almacenamiento de energía eléctrica y la electromovilidad	A1. Promulgar el reglamento de la Ley 21505 que promueve el almacenamiento de energía eléctrica y la electromovilidad	1. Evaluación de los ingresos económicos por transferencia de energía y potencia al sistema mediante el almacenamiento a incluirse en el reglamento de Ley 21505
			2. Establecimiento de los ingresos económicos por transferencia de energía y potencia al sistema
			3. Promulgación del reglamento de Ley 21505 que incluya los tipos de almacenamiento de energía de corta y larga duración
B2. Altos costos de inversión y mantenimiento de la tecnología en mercado energético actual	M2.1 Fomento de incentivos financieros para la inversión y operación de los sistemas de almacenamiento de larga duración	A2.1 Fomentar los incentivos financieros para la inversión y operación de los sistemas de almacenamiento de energía	1. Análisis financiero asociado a la instalación de almacenamiento de energía de larga duración (incluyendo el lugar a instalarse)
			2. Identificación de programas de subvenciones y fondos nacionales y/o internacionales aplicables
	M2.2 Fomento de incentivos financieros para la inversión y operación de los sistemas de almacenamiento de corta duración	A2.2 Desarrollar incentivos financieros para la inversión y operación de los sistemas de almacenamiento de corta duración	3. Búsqueda de colaboración del sector privado para el fortalecimiento de fondos de inversión enfocados en el desarrollo tecnológico
			4. Modelo de gestión: sostenibilidad financiamiento (mantenimiento y funcionamiento), gobernanza, gestión
			5. Establecimiento de convenios de colaboración público - privada para la instalación y operación de almacenamiento de energía
			6. Lanzamiento de un proyecto piloto de implementación de un Sistema de almacenamiento de larga duración.
			7. Lanzamiento de licitaciones en base a los resultados del piloto (concurso)
			8. Selección y establecimiento de los proyectos de almacenamiento de larga duración
B3. Escasez de proveedores a nivel nacional que den	M3. Elaboración de una estrategia de fomento de proveedores dentro de la	A3. Elaborar una estrategia de fomento de proveedores dentro	1. Identificación de los actores claves en la cadena de valor del almacenamiento de energía de corta duración

Barrera	Medidas generales	Acciones generales	Actividades específicas
respuesta a la demanda del almacenamiento de energía de corta duración	cadena de valor de la tecnología	de la cadena de valor de la tecnología	<p>2. Desarrollo de eventos que permita vincular a los proveedores de almacenamiento de energía con los usuarios</p> <p>3. Difusión y concientización de los beneficios del uso de la tecnología de almacenamiento de energía de corta duración</p> <p>4. Inclusión de proveedores de almacenamiento de energía de corta y larga duración en una plataforma pública para su fomento y accesibilidad de estos a los usuarios</p>
B4. Falta de capital humano especializado para la implementación de la tecnología en el país	M4. Fortalecimiento del capital humano que permita la correcta implementación de las tecnologías de almacenamiento de corta y larga duración	A4. Fortalecer el capital humano que permita la correcta implementación de las tecnologías de almacenamiento de corta y larga duración	<p>1. Identificación de formación técnica y profesional especializada en tecnología e innovación energética</p> <p>2. Alianzas con instituciones educativas y empresas tecnológicas para la creación de programas de formación técnica y profesional especializados en tecnología e innovación energética en base a las necesidades de la industria.</p> <p>3. Difusión de las diferentes carreras técnicas y profesionales enfocadas en el sector</p>

Fuente: Elaboración propia.

3.3.2. Tecnología 2. Transporte pesado a hidrógeno verde

Para esta tecnología se identificaron 3 barreras principales, las medidas generales identificadas para superar dichas barreras son las siguientes:

- **Desarrollo de una estrategia I+D+i aplicada que permita aumentar el nivel de madurez tecnológica del uso de vehículos pesados propulsados a hidrógeno verde:** con esta medida se busca identificar alianzas estratégicas que generen espacios de diálogo para el intercambio de conocimientos y oportunidades para el H2V en vehículos de carga, así como implementar centros de innovación para la investigación y pilotaje para la adopción de vehículos pesados con celdas de combustible de hidrógeno por tipo de vehículo.
- **Fortalecimiento de las estrategias de difusión de vehículos pesados a hidrógeno verde:** esta medida busca que se invierta en la promoción y difusión de los beneficios y usos del H2 en vehículos pesados de corto y largo trayecto.
- **Desarrollo de sinergias entre diversos actores que permitan la promoción de la tecnología, su distribución y la generación de una cadena de valor:** esta medida surge debido a que existen pocos distribuidores de vehículos, sistemas de carga y encargados del mantenimiento. Por lo cual, se plantea identificar a los distribuidores, los usuarios/beneficiarios y generar un material didáctico en el que se presenten de manera clara los beneficios del H2V.
- **Promoción de mecanismos (económico, fiscales y regulatorios) que incentiven el uso de tecnologías de carga pesada con H2V en el mercado nacional:** esta medida puede tener una gran utilidad en la inserción de las tecnologías de carga pesada propulsadas H2V en el mercado interno.

Tabla 6. Acciones y actividades para la tecnología de hidrógeno verde

Barrera	Medidas	Acciones	Actividades
B1. Bajo nivel de madurez tecnológica en el país	M1.1 Desarrollo de una estrategia I+D+i aplicada que permita aumentar el nivel de madurez tecnológica del uso de vehículos pesados propulsados a hidrógeno verde	A1.1 Desarrollar una estrategia de I+D+i para aumentar el nivel de madurez tecnológica del uso de hidrógeno verde en camiones pesados	<p>1. Identificación de alianzas estratégicas (público - privadas - mineras - academia) que genere espacios de diálogos para el intercambio de conocimientos y la identificación de oportunidades para el uso de H2V en vehículos pesados de carga</p> <p>2. Identificación de programas de financiamiento público, privado e internacional para la generación de centros de innovación y pilotaje para la investigación y adopción de la H2V en vehículos pesados de carga con celdas de combustible de hidrógeno</p> <p>3. Implementación de centros de innovación para la investigación y pilotaje para la adopción de vehículos pesados con celdas de combustible de hidrógeno por tipo de vehículo</p> <p>4. Transferencia de innovación tecnológica al mercado interno</p> <p>5. Transferencia de beneficios sobre el uso de H2V en los vehículos pesados de carga mediante celda de combustible de hidrógeno a los usuarios interesados</p>
	M1.2 Fortalecimiento de las estrategias de difusión de vehículos pesados a hidrógeno verde	A1.2 Fortalecer las estrategias de difusión de vehículos pesados a hidrógeno verde por sector	6. Inversión en promoción y difusión de los beneficios y usos del H2 en vehículos pesados de corto y largo trayecto
B2. Pocos distribuidores de tecnologías (vehículos, sistemas de carga, mantenimiento)	M2. Desarrollo de sinergias entre diversos actores que permitan la promoción de la tecnología, su distribución y la generación de una cadena de valor	A2. Desarrollar sinergias entre diversos actores que permitan la promoción de la tecnología, su distribución y la generación de una cadena de valor	<p>1. Identificación de la cadena de valor del H2V para camiones pesados, identificando a los distribuidores de vehículos, baterías, cargadores, encargados del mantenimiento, los usuarios/beneficiarios</p> <p>2. Generación de material didáctico en el que se presenten de manera clara los beneficios del H2V</p> <p>3. Desarrollo de una red de almacenamiento y distribución de H2 en forma de amoníaco de acuerdo a las necesidades de los sistemas de carga pesada implementados</p>
B3. Bajos incentivos para la inserción de transporte pesado a hidrógeno verde	M3. Promoción de mecanismos (económico, fiscales y regulatorios) que incentiven el uso de tecnologías de carga pesada con H2V en el mercado nacional	A3. Promover de mecanismos (económico, fiscales y regulatorios) que incentiven el uso de tecnologías de carga pesada con H2V en el mercado nacional	<p>1. Análisis financiero de la compra de transporte pesado a hidrógeno verde (camiones, volquetes, camiones recolectores de basura, otros)</p> <p>2. incorporación de criterios de sustentabilidad (enfocados en la promoción de tecnologías que usen combustibles de bajas emisiones) en las compras públicas de servicios que incorporen transportes de carga pesada</p> <p>3. Desarrollo de mecanismos que permita la inserción de las tecnologías de carga pesada propulsadas H2V en el mercado interno</p>

Fuente: Elaboración propia.

3.3.3. Tecnología 3. Sistema de autobús de tránsito rápido (BRT) con electromovilidad

Para esta tecnología se identificaron 3 barreras principales, las medidas generales identificadas para superar dichas barreras son las siguientes:

- **Fortalecimiento de la capacidad técnica y de gestión a los gobiernos regionales:** Con esta medida se logra identificar y seleccionar las regiones y/o ciudades que busquen incorporar un BRT en su sistema de transporte público y fortalecer la institucionalidad regional que permita la implementación del sistema BRT eléctrico.
- **Apoyo técnico en el diseño del proyecto BRT eléctrico en el sistema de transporte público local:** esta medida puede ser de utilidad para el diseño de infraestructura del proyecto y la evaluación de rentabilidad social sobre la aplicación de los BRT eléctrico.
- **Búsqueda de una estructuración financiera para la implementación de sistemas BRT eléctricos:** esta medida surge debido a los altos costos de inversión del sistema BRT eléctricos y busca definir un modelo de financiamiento para la implementación del BRT eléctrico, identificar un espacio necesario para la inserción de la tecnología y ejecutar la infraestructura necesaria para los BRT eléctrico.
- **Desarrollo de una estrategia que permita la articulación de los diferentes actores y una transición justa del ecosistema del transporte público a nivel regional:** esta medida puede tener gran utilidad para desarrollar un comité de transporte regional que se encargue de llevar las negociaciones con los actores de transporte público y para agilizar la transición del transporte público en base a las experiencias de la Región Metropolitana.
- **Aplicación de la gestión del transporte público dentro de los planes de ordenamiento territorial regionales:** esta medida busca incluir el transporte público dentro de los planes de ordenamiento territorial regionales.

Tabla 7. Acciones y actividades para la tecnología de BRT con electromovilidad

Barrera	Medidas	Acciones	Actividades
B1. Poca capacidad técnica y de gestión de los gobiernos regionales para la implementación de los BRT	M1.1 Fortalecimiento de la capacidad técnica y de gestión a los gobiernos regionales	A1.1 Fortalecer la capacidad técnica y de gestión a los gobiernos regionales	1. Identificación de las regiones/ciudades con requerimientos o necesidades de incorporar un BRT en su sistema de transporte público
			2. Selección de las regiones para la implementación del sistema de autobús de tránsito rápido (BRT)
	M1.2 Apoyo técnico en el diseño del proyecto BRT eléctrico en el sistema de transporte público local	A1.2 Apoyar técnicamente en el diseño del proyecto BRT eléctrico en el sistema de transporte público local	3. Fortalecimiento de la institucionalidad regional que permita la administración y coordinación del sistema de transporte público con BRT eléctrico
			4. Diseño del proyecto de infraestructura requerido para el BRT eléctrico en regiones/ciudades
			5. Evaluación de rentabilidad social de la aplicación de los BRT eléctrico en las regiones identificadas

Barrera	Medidas	Acciones	Actividades
B2. Altos costos de inversión del sistema BRT eléctricos, versus los presupuestos y/o recursos que poseen los gobiernos regionales	M2. Búsqueda de una estructuración financiera para la implementación de sistemas BRT eléctricos	A2. Generar una estructuración financiera para la implementación de sistemas BRT eléctricos	1. Definición del modelo de financiamiento (ej. FNDR, subsidios, concesiones, otros) para la implementación del BRT eléctrico
			2. Identificación de programas y fondos públicos (ej, Fondo de Infraestructura), subsidios, financiamiento internacional, público-privadas, otros, aplicables a la implementación del BRT eléctrico
			3. Identificación de espacio necesario para la inserción de la tecnología (patios de carga eléctricos, estaciones y carriles exclusivos)
			4. Ejecución de la infraestructura necesaria para los BRT eléctrico
			5. Licitación del servicio para la implementación del BRT eléctrico en la o las regiones seleccionadas
B3. Dificultad de obtención de los permisos socioambientales que se requiere para estos tipos de proyectos	A3.1 Desarrollo de una estrategia que permita la articulación de los diferentes actores y una transición justa del ecosistema del transporte público a nivel regional A3.2 Aplicación de la gestión del transporte público dentro de los planes de ordenamiento territorial regionales	A3. Desarrollar de una estrategia que permita la articulación de los diferentes actores y una transición justa del ecosistema del transporte público a nivel regional A3.2 Incluir el transporte público dentro de los planes de ordenamiento territorial regionales	1. Identificación de los sistemas atomizados en el transporte público regional.
			2. Desarrollo de un comité de transporte regional encargado de llevar las negociaciones con los actores de transporte público
			3. Identificación de soluciones para la transición del transporte público en base a las experiencias de la Región Metropolitana
			4. Desarrollo de mesas de trabajo con los actores del transporte público regional que permita brindar soluciones ante el cambio de sistema
			5. Difusión de los beneficios de los sistemas BRT a nivel comunitario que puedan responder a los impactos socioeconómicos vinculados (externalidades)

Fuente: Elaboración propia.

3.4. Mapeo de actores para la implementación del PAT

En la puesta en marcha del PAT pueden intervenir diversos actores, entre los que se pueden destacar:

- **Ministerio de Transporte y Comunicaciones:** El apoyo del Ministerio de Transporte y Comunicaciones puede ser fundamental para el éxito de la implementación de alguna de estas tecnologías en el sector energía. Este actor puede jugar un papel clave en dirigir, supervisar y promover leyes sobre los sistemas de almacenamiento de energía, así como ayudar en la implementación de los autobuses eléctricos.
- **Ministerio del Trabajo y Prevención Social:** A través del Servicio Nacional de Capacitación y Empleo (SENSE), por medio del Programa Fórmate para el Trabajo, línea Transporte se realizarán capacitaciones para los operarios, técnicos y profesionales especializados en cargadores de vehículos eléctricos.
- **Ministerio de Energía:** Es la institución encargada de elaborar y coordinar de manera transparente los planes, políticas y normas para el desarrollo del sector energético del país,

impulsando el uso de energías limpias y renovables. Este actor puede ayudar a la implementación de un PAT a través de:

- Creación de un marco regulatorio que favorezca la promoción de los sistemas de almacenamiento de energía
 - Brindar capacitación a los actores involucrados en la operación y mantenimiento de los vehículos pesados de carga con hidrógeno verde y charlas sobre el funcionamiento de las tecnologías.
 - Promoción del uso de las tecnologías para apoyar la transición energética y la inserción de energías renovables.
- **Superintendencia de Electricidad y Combustibles (SEC):** Es un organismo fiscalizador que tiene como objetivo fiscalizar y supervigilar el cumplimiento de las disposiciones legales y normas técnicas sobre la generación, producción, almacenamiento, transporte y distribución de combustibles líquidos, gas y electricidad con el fin de asegurar la calidad de los servicios y que no constituyan un peligro para las personas. Este actor puede contribuir con la seguridad en la implementación de las tecnologías.
 - **Ministerio del Medio Ambiente:** Es la institución encargada de formular y ejecutar la política ambiental del país, y entre sus objetivos se encuentra promover el desarrollo sustentable, fomentar la participación ciudadana en la gestión ambiental y educar a la población sobre la importancia del medio ambiente, lo cual se alinea con las tecnologías.
 - **Agencia de Sustentabilidad y Cambio Climático (ASCC):** Se encarga de fomentar la producción sustentable y la mitigación y adaptación al cambio climático en las empresas, entre sus principales mandatos que realizar se encuentra la coordinación entre el Estado y las empresas, y la emisión de Certificaciones en Acuerdos de Producción Limpia.
 - **Asociaciones civiles:** H2 Chile, es una asociación sin fines de lucro, que busca acelerar la transición energética promoviendo el hidrógeno y su uso en aplicaciones industriales, residenciales, comerciales y de movilidad. Esta asociación puede ayudar a implementar la tecnología 2.
 - **Dirección General de Obras Públicas del MOP:** esta dependencia tiene la Misión de dirigir, coordinar y fiscalizar la gestión de los Servicios Ejecutores dependientes, en relación a la prestación de los servicios de infraestructura pública, los cuales pueden incluir proyectos energéticos.
 - **Gremios o asociaciones de empresas:** tienen la capacidad de movilizar al sector privado, incentivando y coordinando la participación de las empresas en iniciativas de energía renovable y eficiencia energética.

3.5. Estimación de recursos necesarios para acciones y actividades

3.5.1. Necesidades para el fortalecimiento de capacidades

Este componente reconoce que, más allá de las inversiones físicas y tecnológicas, el desarrollo de capacidades humanas e institucionales es esencial para superar las barreras y maximizar el impacto de las tecnologías seleccionadas.

Para superar las barreras específicas de cada tecnología identificada en el sector energético, el fortalecimiento de capacidades se integra de manera transversal en todas las acciones y actividades del PAT:

- **En la implementación de tecnologías:** Asegurando que el personal y los usuarios finales posean los conocimientos y habilidades necesarios para aprovechar al máximo las tecnologías implementadas. Por ejemplo, se realizarán actividades de difusión de cada de una de las tecnologías priorizadas a los actores claves (empresas, instituciones gubernamentales, asociaciones, entre otros).
- **En la gestión y mantenimiento:** Proporcionando formación continua para garantizar la sostenibilidad y eficiencia a largo plazo de las soluciones tecnológicas. La transparencia con la comunidad beneficiaria de algún proyecto de este sector reforzará los lazos entre comunidad e institución y aumentará la sensación y niveles de participación de la población.
- **En la toma de decisiones y políticas:** Mejorando las capacidades de los responsables de la formulación de políticas y la toma de decisiones para que puedan crear entornos habilitantes para la innovación y la gestión efectiva del agua. La comunidad no debe ser el único foco del fortalecimiento de capacidades, los tomadores de decisiones también deben recibir este beneficio. Si bien, el país cuenta con una política de innovación e impulso energético de bajas emisiones, estos lineamientos se deben seguir incorporando en todos los sectores.

A su vez, el fortalecimiento de capacidades abarca una amplia gama de actividades, desde la formación técnica y profesional hasta el desarrollo organizacional y el fortalecimiento de la gobernanza. Para este sector, esto incluye:

- **Formación y capacitación técnica:** Desarrollar las habilidades técnicas necesarias para implementar, operar y mantener las tecnologías de gestión de recursos hídricos. Por ejemplo, las tecnologías priorizadas son de implementación a gran escala, por lo que se contratará profesionales y expertos en la materia para las etapas de diseño, sin embargo, tendrán que formar y capacitar a los diversos operarios para asegurar el funcionamiento de la tecnología.
- **Sensibilización y educación comunitaria:** Fomentar una comprensión más profunda y un compromiso con la gestión energética entre la población general y los actores clave. Todas las tecnologías incluyen un componente de sensibilización ciudadano, reconociéndolos no solo como usuarios finales, sino como aliados claves para el éxito de los proyectos.

Este enfoque integral garantiza que el fortalecimiento de capacidades sea un pilar central en la implementación exitosa del PAT, contribuyendo a la resiliencia y sostenibilidad del sector de recursos hídricos.

3.5.2. Estimación de costos de acciones y actividades

Esta sección pretende ofrecer una propuesta de los recursos financieros necesarios para llevar a cabo las acciones y actividades de cada actividad, asegurando así la viabilidad y sostenibilidad del proyecto.

3.5.2.1. Tecnología 1: Almacenamiento de energía de corta y larga duración

Para el desarrollo del PAT de la tecnología de almacenamiento de corta y larga duración se estima un costo de 221.681,82 USD. A continuación, la Tabla 8 presenta la estimación de los costos de cada actividad específica, el organismo responsable de su implementación, y por ende su seguimiento y monitoreo, los indicadores para el reporte, el plazo estimado de ejecución (propuesto en meses), el concepto de coste de la actividad, que hace referencia como se materializará la actividad específica, y la justificación del coste, donde se detallan los supuestos realizados para la estimación.

Tabla 8. Tabla de planificación de las acciones para la implementación de las actividades de la tecnología 1

Acción	A1. Promulgar el reglamento de la Ley 21505 que promueve el almacenamiento de energía eléctrica y la electromovilidad					
Prioridad	Crítica					
Riesgos y supuestos	Tener en cuenta todas las partes interesadas y establecer acuerdos y colaboraciones con el sector privado					
Criterios de éxito	El rápido desarrollo de la tecnología puede hacer que el marco normativo no se ajuste a futuras realidades					
Fuentes de financiamiento	Banco Mundial, Banco Interamericano de Desarrollo, Clean Energy Fund, Green Climate Fund					
Actividades específicas	Organismo responsable	Indicadores para el seguimiento de la ejecución	Plazo estimado de ejecución (meses)	Presupuesto por actividad (€)	Concepto del coste de la actividad	Justificación del coste
1. Evaluación de los ingresos económicos por transferencia de energía y potencia al sistema mediante el almacenamiento a incluirse en el reglamento de Ley 21505	Ministerio de Energía CNE	TIR y VAN de la inversión	2	22.000,00	Estudio de viabilidad técnica	Se estima el coste asociado a la realización de un estudio de viabilidad técnica
2. Establecimiento de los ingresos económicos por transferencia de energía y potencia al sistema	Ministerio de Energía - CNE					
3. Promulgación del reglamento de Ley 21505 que incluya los tipos de almacenamiento de energía de corta y larga duración	Ministerio de Energía	Número de jornadas realizadas	3	16.500,00	Creación y elaboración de una campaña de difusión	Se estima un coste total de 16.500\$ para la definición de los contenidos, preparación de la difusión e implementación de una campaña de difusión
Subtotal A1				38.500,00	-	-

Acción	A2.1 Fomentar los incentivos financieros para la inversión y operación de los sistemas de almacenamiento de energía					
Prioridad	Importante					
Riesgos y supuestos	Dependencia de las opciones de financiamiento, falta de convenios o mecanismos para la financiación					
Criterios de éxito	Estudio de opciones de financiación internacional i diversificación de las distintas formas de almacenamiento energético					
Fuentes de financiamiento	Banco Mundial, Banco Interamericano de Desarrollo, Clean Energy Fund, Green Climate Fund					
Actividades específicas	Organismo responsable	Indicadores para el seguimiento de la ejecución	Plazo estimado de ejecución (meses)	Presupuesto por actividad (€)	Concepto del coste de la actividad	Justificación del coste
1. Análisis financiero asociados a la instalación de almacenamiento de energía de larga duración (incluyendo el lugar a instalarse)	Ministerio de Energía - CNE	TIR y VAN de la inversión	2	18.181,82	Coste asociado a la elaboración del estudio de viabilidad económica	
2. Identificación de programas de subvenciones y fondos nacionales y/o internacionales aplicables	Ministerio de Energía - CNE	Porcentaje de financiación del proyecto	1	5.720,00	Horas de consultoría	Se estiman 80 horas en concepto de benchmark para identificar fuentes de financiación y colaboraciones
3. Búsqueda de colaboración del sector privado para el fortalecimiento de fondos de inversión enfocados en el desarrollo tecnológico	Ministerio de Energía - CNE	Número de colaboraciones identificadas	4	8.580,00	Horas de consultoría	Se estiman 120 horas en concepto de benchmark de proyectos actuales, características y potencial interés para las necesidades actuales
4. Modelo de gestión: sostenibilidad financiamiento (mantenimiento y funcionamiento), gobernanza, gestión	Ministerio de Energía - CNE	Huella de carbono, análisis coste beneficio	6	22.880,00	Horas de consultoría	Se estiman 320 horas en concepto de definición de objetivos, estrategia y planificación del modelo de gestión
5. Establecimiento de convenios de colaboración público - privada para la instalación y operación de almacenamiento de energía	Ministerio de Energía - CNE	Participación de las empresas públicas sobre el total de la inversión	6	17.160,00	Horas de consultoría	Se estiman 240 horas para la definición, negociación y acuerdo de los convenios de colaboración
6. Lanzamiento de un proyecto piloto de implementación de un Sistema de almacenamiento de larga duración.	Ministerio de Energía – CNE ASCC CORFO	Potencia instalada (kW)	14	-	Coste asociado al lanzamiento de una prueba piloto para el almacenamiento energético (en \$ por unidad de potencia nominal del convertidor (\$/kVA))	Suministro, ingeniería, montaje, puesta en servicio y mantenimiento de un sistema de almacenamiento energético y abastecimiento eléctrico basado en baterías de ion litio, así como el establecimiento de un periodo de asistencia
7. Lanzamiento de licitaciones en base a los resultados del piloto (concurso)	Ministerio de Energía – CNE ASCC CORFO	Número de licitadores presentados	4	10.725,00	Horas de consultoría	Se estiman 150 horas en concepto de identificación de necesidades, planificación y desarrollo de propuesta
8. Selección y establecimiento de los proyectos de almacenamiento de larga duración	Ministerio de Energía – CNE ASCC	Número de proyectos seleccionados y descartados	1	7.150,00	Horas de consultoría	Se estiman 100 horas en concepto de revisión de los proyectos presentados a licitación para su evaluación, cumplimiento de requisitos y priorización
Subtotal A1				90.396,82	-	-

Acción	A2.2 Desarrollar incentivos financieros para la inversión y operación de los sistemas de almacenamiento de corta duración					
Prioridad	Importante					
Riesgos y supuestos	Dependencia de las opciones de financiamiento, falta de convenios o mecanismos para la financiación					
Criterios de éxito	Estudio de opciones de financiación internacional i diversificación de las distintas formas de almacenamiento energético					
Fuentes de financiamiento	Banco Mundial, Banco Interamericano de Desarrollo, Clean Energy Fund, Green Climate Fund					
Actividades específicas	Organismo responsable	Indicadores para el seguimiento de la ejecución	Plazo estimado de ejecución (meses)	Presupuesto por actividad (€)	Concepto del coste de la actividad	Justificación del coste
1. Análisis de incentivos fiscales (reducción de aranceles y eliminación de los impuestos a la venta) para la entrada masiva de la tecnología de almacenamiento de corta duración en el corto plazo	Ministerio de Energía	Beneficio fiscal por unidad de potencia instalada	5	22.880,00	Horas de consultoría	Se estiman 320 horas totales en concepto de estudio de las distintas opciones, priorización y análisis de los potenciales impactos
2. Difusión de los incentivos fiscales generados y beneficios de la tecnología	Ministerio de Energía	Número de jornadas realizadas	3	8.800,00	Creación y elaboración de una campaña de difusión	Se estima un coste total de 8.800\$ para la definición de los contenidos, preparación de la difusión e implementación
Subtotal A1				31.680,00	-	-

Acción	A3. Elaborar una estrategia de fomento de proveedores dentro de la cadena de valor de la tecnología					
Prioridad	Importante					
Riesgos y supuestos	Falta de colaboración o participación entre las partes interesadas					
Criterios de éxito	Búsqueda de colaboraciones público-privadas para promover acuerdos					
Fuentes de financiamiento	Banco Mundial, Banco Interamericano de Desarrollo, Clean Energy Fund, Green Climate Fund					
Actividades específicas	Organismo responsable	Indicadores para el seguimiento de la ejecución	Plazo estimado de ejecución (meses)	Presupuesto por actividad (€)	Concepto del coste de la actividad	Justificación del coste
1. Identificación de los actores claves en la cadena de valor del almacenamiento de energía de corta duración	Ministerio de Energía	Número de empresas dispuestas a invertir y cantidad prevista de inversión	4	6.435,00	Horas de consultoría	Se estiman 90 horas en concepto de búsqueda de contactos (40h), reuniones de trabajo (30h) y priorización de agentes (20h)
2. Desarrollo de eventos que permita vincular a los proveedores de almacenamiento de energía con los usuarios	Ministerio de Energía	Número de eventos o campañas realizadas	3	5.610,00	Horas de consultoría	Se estima un coste de 5.610\$ en concepto de alquiler de local (2.200\$), mantenimiento técnico y mobiliario (660\$) y catering (2.750\$). No se contabiliza el coste asociado a la preparación de contenidos del evento o la difusión del mismo
3. Difusión y concientización de los beneficios del uso de la tecnología de almacenamiento de energía de corta duración	Ministerio de Energía	Número de jornadas realizadas y asistencia a las mismas	3	8.800,00	Creación y elaboración de una campaña de concienciación	Se estima un coste total de 8.000\$ para la definición de los contenidos, preparación de la difusión e implementación
4. Inclusión de proveedores de almacenamiento de energía de corta y larga duración en una plataforma pública para su fomento y accesibilidad de estos a los usuarios	Ministerio de Energía	Número de proveedores de almacenamiento energético	1	5.720,00	Horas de consultoría	Se estiman 80 horas en concepto de priorización de los proveedores
Subtotal A1				26.565,00	-	-

Acción	A4. Fortalecer el capital humano que permita la correcta implementación de las tecnologías de almacenamiento de corta y larga duración					
Prioridad	Crítica					
Riesgos y supuestos	Ausencia de continuidad en el proceso formativo que no permita la retención de conocimiento					
Criterios de éxito	Claridad en la definición de los objetivos para la implementación de tecnologías					
Fuentes de financiamiento	Banco Mundial, Banco Interamericano de Desarrollo, Clean Energy Fund, Green Climate Fund					
Actividades específicas	Organismo responsable	Indicadores para el seguimiento de la ejecución	Plazo estimado de ejecución (meses)	Presupuesto por actividad (€)	Concepto del coste de la actividad	Justificación del coste
1. Identificación de formación técnica y profesional especializada en tecnología e innovación energética	Ministerio de Energía	Coste medio de las formaciones	1	5,720.00	Horas de consultoría	Se estiman 80 horas en concepto de estudio de las formaciones y jornadas actuales y su priorización
2. Alianzas con instituciones educativas y empresas tecnológicas para la creación de programas de formación técnica y profesional especializados en tecnología e innovación energética en base a las necesidades de la industria.	Ministerio de Energía	Número de colaboraciones con centros de investigación obtenidas	6	20,020.00	Horas de consultoría	Se estiman 280 horas en concepto de recopilación de información, estudio de las programaciones actuales y definición de los futuros programas a implementar. Se estima un plazo de ejecución de 6 meses para el conjunto de la acción
3. Difusión de las diferentes carreras técnicas y profesionales enfocadas en el sector	Ministerio de Energía	Número de jornadas realizadas	3	8,800.00	Creación y elaboración de una campaña de difusión	Se estima un coste total de 8.800\$ para la definición de los contenidos, difusión, preparación de la campaña e implementación
Subtotal A1				34,540.00	-	-

3.5.2.2. Tecnología 2: Transporte pesado a hidrógeno verde

Para el desarrollo del PAT de la tecnología hidrogeno verde como combustible para vehículos pesados de carga se estima un costo de 154.880,00 de USD. A continuación, la Tabla 9 presenta la estimación de los costos de cada actividad específica, el organismo responsable de su implementación, y por ende su seguimiento y monitoreo, los indicadores para el reporte, el plazo estimado de ejecución (propuesto en meses), el concepto de coste de la actividad, que hace referencia como se materializará la actividad específica, y la justificación del coste, donde se detallan los supuestos realizados para la estimación.

Tabla 9. Tabla de planificación de las acciones para la implementación de las actividades de la tecnología 2

Acción	A1.1 Desarrollar una estrategia de I+D+i para aumentar el nivel de madurez tecnológica del uso de hidrógeno verde en camiones pesados					
Prioridad	Importante					
Riesgos y supuestos	Tener en cuenta todas las fases de la cadena de valor del hidrógeno					
Criterios de éxito	El rápido desarrollo de la tecnología puede hacer que la estrategia no se ajuste a futuras realidades					
Fuentes de financiamiento	Banco Interamericano de Desarrollo, Banco Mundial, Green Climate Fund, Clean Energy Fund, Fondo Mundial para el Desarrollo de Ciudades, Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo.					
Actividades específicas	Organismo responsable	Indicadores para el seguimiento de la ejecución	Plazo estimado de ejecución (meses)	Presupuesto por actividad (€)	Concepto del coste de la actividad	Justificación del coste
1. Identificación de alianzas estratégicas (público - privadas - mineras - academia) que genere espacios de diálogos para el intercambio de conocimientos y la identificación de oportunidades para el uso de H2V en vehículos pesados de carga	Ministerio de Energía Ministerio de Transporte y Telecomunicaciones	Número de colaboraciones con centros de investigación obtenidas	6	20.020,00	Horas de consultoría	Se estiman 280 horas en concepto de recopilación de información, identificación de agentes prioritarios, reuniones e identificación de puntos de encuentro. Se estima un plazo de ejecución de 6 meses para el conjunto de la acción
2. Identificación de programas de financiamiento público, privado e internacional para la generación de centros de innovación y pilotaje para la investigación y adopción de la H2V en vehículos pesados de carga con celdas de combustible de hidrógeno	Ministerio de Energía Ministerio de Transporte y Telecomunicaciones	Aportación económica de las distintas opciones de financiación	1	8.580,00	Horas de consultoría	Se estiman 120 horas en concepto de benchmark para identificar fuentes de financiación y colaboraciones
3. Implementación de centros de innovación para la investigación y pilotaje para la adopción de vehículos pesados con celdas de combustible de hidrógeno por tipo de vehículo	Ministerio de Energía Ministerio de Transporte y Telecomunicaciones	Tecnologías estudiadas	24	-	Inversión por unidad de potencia instalada (\$/MW)	Se estima la inversión total de la planta de producción de hidrógeno verde con una capacidad de 200.000 toneladas al año.
4. Transferencia de innovación tecnológica al mercado interno	Ministerio de Energía		3	22.880,00	Coste de elaboración de una formación	Se estiman dos meses para la planificación de los trabajos, el desarrollo del contenido, la creación de

	Ministerio de Transporte y Telecomunicaciones					la formación, y otro mes para la coordinación de contenidos e implementación
5. Transferencia de beneficios sobre el uso de H2V en los vehículos pesados de carga mediante celda de combustible de hidrógeno a los usuarios interesados	Ministerio de Energía Ministerio de Transporte y Telecomunicaciones	Satisfacción de los asistentes a la jornada de difusión	3	11.440,00	Coste de elaboración de una jornada de cuatro seminarios online	3 meses en total dedicados a la coordinación para desarrollar y elaborar los contenidos de una jornada de distintos seminarios web que permita dar a conocer los beneficios del hidrógeno verde en el transporte pesado. Se considera un coste de 10 horas por ponente y seminario en concepto de preparación de contenidos, coordinación y realización del seminario, 4 ponentes por seminario y cuatro jornadas.
Subtotal A1				62.920,00	-	-

Acción	A1.2 Fortalecer las estrategias de difusión de vehículos pesados a hidrógeno verde por sector					
Prioridad	Importante					
Riesgos y supuestos	Claridad en la definición de los objetivos para la implementación de tecnologías					
Criterios de éxito	Limitar la estrategia de difusión a algunas etapas de la cadena de valor del hidrógeno verde					
Fuentes de financiamiento	Banco Interamericano de Desarrollo, Banco Mundial, Green Climate Fund, Clean Energy Fund, Fondo Mundial para el Desarrollo de Ciudades, Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo.					
Actividades específicas	Organismo responsable	Indicadores para el seguimiento de la ejecución	Plazo estimado de ejecución (meses)	Presupuesto por actividad (€)	Concepto del coste de la actividad	Justificación del coste
6. Inversión en promoción y difusión de los beneficios y usos del H2 en vehículos pesados de corto y largo trayecto	Ministerio de Energía Ministerio de Transporte y Telecomunicaciones	Satisfacción de los asistentes a la jornada de difusión	3	11.440,00	Coste de elaboración de una jornada de cuatro seminarios online	3 meses en total dedicados a la coordinación para desarrollar y elaborar los contenidos de una jornada de distintos seminarios web que permita dar a conocer los beneficios del hidrógeno verde en el transporte pesado. Se considera un coste de 10 horas por ponente y seminario en concepto de preparación de contenidos, coordinación y realización del seminario, 4 ponentes por seminario y cuatro jornadas.

Subtotal A2	11.440,00	-	-
--------------------	------------------	---	---

Acción	A2. Desarrollar sinergias entre diversos actores que permitan la promoción de la tecnología, su distribución y la generación de una cadena de valor					
Prioridad	Importante					
Riesgos y supuestos	Rapidez de aparición de soluciones alternativas basadas en energía eléctrica u otras fuentes					
Criterios de éxito	Impulso de proyectos piloto y centros de investigación e innovación					
Fuentes de financiamiento	Banco Interamericano de Desarrollo, Banco Mundial, Green Climate Fund, Clean Energy Fund, Fondo Mundial para el Desarrollo de Ciudades, Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo.					
Actividades específicas	Organismo responsable	Indicadores para el seguimiento de la ejecución	Plazo estimado de ejecución (meses)	Presupuesto por actividad (€)	Concepto del coste de la actividad	Justificación del coste
1. Identificación de la cadena de valor del H2V para camiones pesados, identificando a los distribuidores de vehículos, baterías, cargadores, encargados del mantenimiento, los usuarios/beneficiarios	Ministerio de Energía y Ministerio de Transporte y Telecomunicaciones	¿Estudio realizado? (sí/no)	3	22.000,00	Elaboración de estudio	Estudio de la demanda local y situación estratégica del hidrógeno verde.
2. Generación de material didáctico en el que se presenten de manera clara los beneficios del H2V	Ministerio de Energía y Ministerio de Transporte y Telecomunicaciones	Número de documentos audiovisuales creados	3	8.580,00	Horas de consultoría	Se estiman 120 horas en concepto de planificación, desarrollo del contenido audiovisual, producción del contenido, edición y diseño gráfico
3. Desarrollo de una red de almacenamiento y distribución de H2 en forma de amoniaco de acuerdo a las necesidades de los sistemas de carga pesada implementados	Ministerio de Energía y Ministerio de Transporte y Telecomunicaciones	Producción anual de hidrógeno verde (MWh)	14	-	Redacción y ejecución de proyecto constructivo (€/m2)	Se considera un importe de 4.785.388€ por la redacción del proyecto constructivo y suministro de una planta de producción de hidrógeno verde y ejecución de las obras de instalación para una superficie de 3000m2
Subtotal A2				30.580,00	-	-

Acción	A3. Promover de mecanismos (económico, fiscales y regulatorios) que incentiven el uso de tecnologías de carga pesada con H2V en el mercado nacional					
Prioridad	Crítico					
Riesgos y supuestos	Regulación de los incentivos para que todo tipo de empresas puedan acceder a los mecanismos de ayuda					
Criterios de éxito	Mejora de la competitividad nacional para un buen posicionamiento como país y la atracción de inversión					
Fuentes de financiamiento	Banco Interamericano de Desarrollo, Banco Mundial, Green Climate Fund, Clean Energy Fund, Fondo Mundial para el Desarrollo de Ciudades, Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo.					
Actividades específicas	Organismo responsable	Indicadores para el seguimiento de la ejecución	Plazo estimado de ejecución (meses)	Presupuesto por actividad (€)	Concepto del coste de la actividad	Justificación del coste
1. Análisis financiero de la compra de transporte pesado a hidrógeno verde (camiones, volquetes, camiones recolectores de basura, otros)	Ministerio de Energía Ministerio de Transporte y Telecomunicaciones	TIR y VAN de la inversión	2	22,000.00	Estudio de viabilidad	Se estima un coste de 22.000\$ asociado a la elaboración de un estudio económico que refleje la viabilidad de inversión
2. Incorporación de criterios de sustentabilidad (enfocados en la promoción de tecnologías que usen combustibles de bajas emisiones) en las compras públicas de servicios que incorporen transportes de carga pesada	Ministerio de Energía Ministerio de Transporte y Telecomunicaciones	Número de servicios públicos que incluyen criterios de sostenibilidad	6	11,440.00	Horas de consultoría	Se estiman 160 horas en concepto de planificación, desarrollo del contenido audiovisual, producción del contenido, edición y diseño gráfico
3. Desarrollo de mecanismos que permita la inserción de las tecnologías de carga pesada propulsadas H2V en el mercado interno	Ministerio de Energía Ministerio de Transporte y Telecomunicaciones	Bonificación propuesta por vehículo	6	16,500.00	Elaboración de estudio	Se estima el coste asociado a la elaboración de un estudio de los mecanismos fiscales actuales y el posible impacto de nuevas propuestas
Subtotal A3				49,940,00	-	-

Fuente: Elaboración propia.

3.5.2.3. Tecnología 3: Sistema de autobús de tránsito rápido (BRT) con electromovilidad

Para el desarrollo del PAT de la tecnología de sistema de BRT con electromovilidad se estima un costo de 238.700,00 de USD. A continuación, la Tabla 10 presenta la estimación de los costos de cada actividad específica, el organismo responsable de su implementación, y por ende su seguimiento y monitoreo, los indicadores para el reporte, el plazo estimado de ejecución (propuesto en meses), el concepto de coste de la actividad, que hace referencia como se materializará la actividad específica, y la justificación del coste, donde se detallan los supuestos realizados para la estimación.

Tabla 10. Tabla de planificación de las acciones para la implementación de las actividades de la tecnología 3

Acción	A1.1 Fortalecer la capacidad técnica y de gestión a los gobiernos regionales					
	A1.2 Apoyar técnicamente en el diseño del proyecto BRT eléctrico en el sistema de transporte público local					
Prioridad	Importante					
Riesgos y supuestos	Sensibilidad ante situaciones de incivismo y uso del carril de vehículos privados					
Criterios de éxito	Integración con otros medios de transporte, pago electrónico que aumente la velocidad comercial de la línea					
Fuentes de financiamiento	Banco Interamericano de Desarrollo, Banco Mundial, Green Climate Fund, Clean Energy Fund, Fondo Mundial para el Desarrollo de Ciudades, Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo.					
Actividades específicas	Organismo responsable	Indicadores para el seguimiento de la ejecución	Plazo estimado de ejecución (meses)	Presupuesto por actividad (€)	Concepto del coste de la actividad	Justificación del coste
1. Identificación de las regiones/ciudades con requerimientos o necesidades de incorporar un BRT en su sistema de transporte público	Ministerio de Energía Ministerio de Transporte y Telecomunicaciones	Cambio modal al sistema de transporte público previsto	4	117.040,00	Asistencia técnica para la redacción de los estudios previos	Se estima el coste asociado a la redacción de los estudios previos que analicen la viabilidad de las distintas opciones analizadas
2. Selección de las regiones para la implementación del sistema de autobús de tránsito rápido (BRT)	Ministerio de Energía Ministerio de Transporte y Telecomunicaciones	Personal técnico incorporado	6		Contratación anual de un perfil técnico (\$/persona)	Se estima el coste de contratación de un perfil técnico administrativo
3. Fortalecimiento de la institucionalidad regional que permita la administración y coordinación del sistema de transporte público con BRT eléctrico	Ministerio de Energía Ministerio de Transporte y Telecomunicaciones					

4. Diseño del proyecto de infraestructura requerido para el BRT eléctrico en regiones/ciudades	Ministerio de Energía Ministerio de Transporte y Telecomunicaciones	Reducción del tiempo de desplazamiento esperado	6	-	Asistencia técnica para la redacción del anteproyecto por valor de 203.100€ y una longitud de 5km. Presupuesto en €/km	Se estima el coste asociado a los servicios de arquitectura, ingeniería y planificación para la redacción del proyecto constructivo de un BRT
5. Evaluación de rentabilidad social de la aplicación de los BRT eléctrico en las regiones identificadas	Ministerio de Energía Ministerio de Transporte y Telecomunicaciones	Velocidad comercial (km/h)	2	16.500,00	Informe técnico	Se estima un coste para el análisis de retorno económico y social de la infraestructura
Subtotal A1				133.540,00	-	-

Acción	A2. Generar una estructuración financiera para la implementación de sistemas BRT eléctricos					
Prioridad	Crucial					
Riesgos y supuestos	Dependencia de las opciones de financiamiento, falta de convenios o mecanismos para la financiación					
Criterios de éxito	Estudio de opciones de financiación internacional y de las distintas posibilidades energéticas					
Fuentes de financiamiento	Banco Interamericano de Desarrollo, Banco Mundial, Green Climate Fund, Clean Energy Fund, Fondo Mundial para el Desarrollo de Ciudades, Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo.					
Actividades específicas	Organismo responsable	Indicadores para el seguimiento de la ejecución	Plazo estimado de ejecución (meses)	Presupuesto por actividad (€)	Concepto del coste de la actividad	Justificación del coste
1. Definición del modelo de financiamiento (ej. FNDR, subsidios, concesiones, otros) para la implementación del BRT eléctrico	Ministerio de Energía Ministerio de Transporte y Telecomunicaciones	Porcentaje de financiación del proyecto	2	8.580,00	Horas de consultoría	Se estiman 80 horas en concepto de benchmarking para identificar fuentes de financiación y colaboraciones y analizar la viabilidad de las distintas alternativas
2. Identificación de programas y fondos públicos (ej., Fondo de Infraestructura),	Ministerio de Energía					

subsidios, financiamiento internacional, público-privadas, otros, aplicables a la implementación del BRT eléctrico	Ministerio de Transporte y Telecomunicaciones						
3. Identificación de espacio necesario para la inserción de la tecnología (patios de carga eléctricos, estaciones y carriles exclusivos)	Ministerio de Energía Ministerio de Transporte y Telecomunicaciones	Superficie requerida (m2)	4		13.200,00	Estudio de viabilidad técnica	Se considera el análisis de las distintas opciones de emplazamiento e implementación
4. Ejecución de la infraestructura necesaria para los BRT eléctrico	Ministerio de Energía Ministerio de Transporte y Telecomunicaciones	Intensidad media de vehículos diaria del carril BRT	12		-	Redacción y elaboración de proyecto constructivo (€/km)	Se considera un importe de 4.512.197€ por la redacción del proyecto, ejecución del corredor y adecuación de las paradas del BRT
5. Licitación del servicio para la implementación del BRT eléctrico en la o las regiones seleccionadas	Ministerio de Energía Ministerio de Transporte y Telecomunicaciones	Número de empresas presentadas a la licitación	6		17.160,00	Horas de consultoría	Se estiman 240 horas para la definición, revisión y publicación de la licitación para operar el servicio en base a los requerimientos técnicos
Subtotal A2					38.940,00	-	-

Acción	A3. Desarrollar de una estrategia que permita la articulación de los diferentes actores y una transición justa del ecosistema del transporte público a nivel regional A3.2 Incluir el transporte público dentro de los planes de ordenamiento territorial regionales
Prioridad	Crucial
Riesgos y supuestos	Resistencia del vehículo privado como principal modo de transporte en las ciudades
Criterios de éxito	Augmento de la cuota modal de desplazamiento en transporte público.

Fuentes de financiamiento	Banco Interamericano de Desarrollo, Banco Mundial, Green Climate Fund, Clean Energy Fund, Fondo Mundial para el Desarrollo de Ciudades, Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo.					
Actividades específicas	Organismo responsable	Indicadores para el seguimiento de la ejecución	Plazo estimado de ejecución (meses)	Presupuesto por actividad (€)	Concepto del coste de la actividad	Justificación del coste
1. Identificación de los sistemas atomizados en el transporte público regional.	Ministerio de Energía Ministerio de Transporte y Telecomunicaciones	Sistemas identificados	4	16.500,00	Estudio de viabilidad técnica	Se considera el análisis de los sistemas actuales
2. Desarrollo de un comité de transporte regional encargado de llevar las negociaciones con los actores de transporte público	Ministerio de Energía Ministerio de Transporte y Telecomunicaciones	Número de encuentros realizados	8	17.160,00	Horas de consultoría	Se estiman 240 horas para la definición de los objetivos y desarrollo de las negociaciones
3. Identificación de soluciones para la transición del transporte público en base a las experiencias de la Región Metropolitana	Ministerio de Energía Ministerio de Transporte y Telecomunicaciones	Número total de acciones propuestas	12	-	Elaboración de un Plan de movilidad urbana y sostenible (\$/habitantes)	Servicios de consultoría, asistencia técnica y redacción de un plan de movilidad urbana sostenible (PMUS) de ámbito supramunicipal
4. Desarrollo de mesas de trabajo con los actores del transporte público regional que permita brindar soluciones ante el cambio de sistema	Ministerio de Energía Ministerio de Transporte y Telecomunicaciones	Jornadas o eventos de difusión realizados	12	15.400,00	Asistencia técnica para la dinamización del transporte a nivel regional	Servicio de asistencia para la creación de eventos, jornadas y el fomento de otro tipo de eventos que permitan la difusión de conocimiento y nuevas ideas
5. Difusión de los beneficios de los sistemas BRT a nivel comunitario que puedan responder a los impactos socioeconómicos vinculados (externalidades)	Ministerio de Energía Ministerio de Transporte y	Número de campañas realizadas	3	17.160,00	Campaña de comunicación	3 meses en total dedicados a la coordinación para desarrollar una campaña de comunicación a la propia elaboración del contenido.

	Telecomunicaciones					
Subtotal A3				66.220,00	-	-

Fuente: Elaboración propia.

3.6. Planificación del proyecto

3.6.1. Medidas de gestión para el riesgo

Esta sección se dedica a identificar, evaluar y desarrollar estrategias para mitigar los riesgos que puedan surgir durante la implementación y operación de las tecnologías seleccionadas para la gestión de recursos energéticos.

En ese sentido se han identificado los siguientes tipos de riesgos, tanto para el sector como para la implementación de cada tecnología (ver Tabla 11).

Tabla 11. Tipos de riesgos identificados para el sector

Tipo de riesgo	Descripción
Ambientales	Asociados con impactos negativos en el medio ambiente. Pueden incluir la contaminación, la degradación de ecosistemas, la pérdida de biodiversidad, consumo energético, emisiones GEI. En proyectos específicos, estos riesgos pueden estar relacionados con la construcción y operación de infraestructuras.
Económico	Asociados a la posibilidad de que un proyecto o una empresa enfrenten cambios adversos en las condiciones económicas o financieras que puedan afectar negativamente su rendimiento, viabilidad o rentabilidad. Por ejemplo, fluctuaciones en los mercados financieros, cambios en la demanda, inflación y variación de precios, riesgos crediticios, entre otros.
Implementación	Asociado a desafíos y obstáculos que pueden surgir durante la fase de ejecución de un proyecto. Incluyen retrasos en el cronograma, problemas logísticos, errores en la gestión del proyecto, y dificultades en la coordinación entre diferentes partes interesadas. Estos riesgos pueden afectar la capacidad de completar el proyecto a tiempo, dentro del presupuesto y de acuerdo con las especificaciones planificadas.
Tecnológicos	Asociados con la adopción y uso de nuevas tecnologías. Pueden incluir fallas técnicas, obsolescencia, incompatibilidad con sistemas existentes y problemas de ciberseguridad. Estos riesgos son especialmente relevantes en proyectos que dependen de tecnologías avanzadas o innovadoras (por ejemplo, uso de hidrogeno verde).
Financiación	Asociados con la obtención y gestión de fondos para un proyecto. Incluyen la incertidumbre sobre la disponibilidad de financiamiento, fluctuaciones en los costos, y riesgos relacionados con la gestión de presupuestos y flujos de efectivo. La inestabilidad financiera o cambios en las condiciones del mercado pueden también influir en estos riesgos.
Sociales	Asociados con los impactos de un proyecto en las comunidades locales y la sociedad en general. Incluyen la oposición, resistencia o rechazo de la comunidad, conflictos sociales, problemas de equidad y justicia social, y posibles impactos negativos en la calidad de vida. Dado que el usuario final es la población, su aceptación es relevante para el éxito de los proyectos.
Regulatorios	Asociados con cambios en las leyes, regulaciones o políticas que pueden afectar la viabilidad o el funcionamiento de un proyecto. Incluyen la incertidumbre en cuanto a la obtención de permisos, cumplimiento de normativas ambientales o de seguridad, y posibles cambios en la legislación que puedan impactar las operaciones del proyecto o sus costos.

Fuente: Elaboración propia.

Posterior a la identificación de los riesgos, se deben proponer acciones de contingencia, que consisten en proporcionar respuestas predefinidas y estrategias de acción para los posibles escenarios de riesgo identificados. Su inclusión se basa en el reconocimiento de que, a pesar de los esfuerzos de planificación y análisis, siempre existen incertidumbres y variables desconocidas que pueden afectar el curso del proyecto.

En ese sentido, entre los principales riesgos identificados del sector resaltan:

- Riesgos **económicos**, como las variaciones en los precios de mercados de las energías renovables, la volatilidad de los mercados globales que pueden afectar la disponibilidad y el precio de componentes de tecnologías energéticas y fluctuaciones en los subsidios del estado a las energías renovables por nuevas administraciones.
- En los de **implementación** se identificaron una carencia de infraestructura adecuada para soportar nuevas tecnologías como sistemas de almacenamiento de energía y estaciones de hidrógeno verde, retrasos en la adaptación de la red eléctrica para dar cabida nuevas tecnologías y limitaciones geográficas para recursos renovables que pueden restringir la viabilidad de proyectos en ciertas áreas.
- Por su parte, se identificaron algunos riesgos **tecnológicos**, como inadecuada adaptación de la tecnología a las condiciones locales (i.e. hidrogeno verde), algunas tecnologías energéticas pueden tener un rendimiento reducido bajo ciertas condiciones climáticas. Adicionalmente, puede ocurrir incompatibilidad tecnológica con infraestructuras existentes, obsolescencia de tecnología en el corto plazo y riesgos de ciberseguridad en sistemas energéticos avanzados.
- Los riesgos de **financiamiento** se asocian a cambios en políticas gubernamentales o económicas pueden afectar la financiación para proyectos energéticos, las inversiones en estos proyectos pueden verse afectadas por la rápida evolución y obsolescencia tecnológica, y la dependencia de recursos naturales limitados puede afectar la producción energética (i.e. recurso hídrico, metales).
- Otro factor relevante es el **social**, en la forma de resistencia comunitaria o reforzamiento de inequidades por precios inaccesibles. Por ejemplo, el precio del hidrogeno verde puede no ser accesible para todos los niveles socioeconómicos.
- Un riesgo **regulatorio** identificado es el cambio en la legislación del país y las regiones beneficiarias de algún proyecto.
- Finalmente, se identifican riesgos **ambientales**, con impactos negativos en ecosistemas urbanos y rurales proyectos a gran escala pueden conflictuar con usos del suelo locales y biodiversidad.

La Tabla 12 especifica cada riesgo identificado, su descripción y su acción de contingencia.

Tabla 12. Análisis de riesgos del sector de energía

Tipo de riesgo	Riesgo identificado	Descripción del riesgo	Acción de contingencia
Económicos	Volatilidad en los precios de la energía renovable	Variaciones significativas en los precios del mercado de energías renovables pueden afectar la rentabilidad de proyectos como el almacenamiento de energía y el hidrógeno verde.	Diversificación de fuentes de energía y adopción de contratos a largo plazo para estabilizar los costos.
	Dependencia de la economía global para el suministro de componentes de tecnología energética.	La volatilidad en los mercados globales puede afectar la disponibilidad y el precio de componentes clave para tecnologías energéticas.	Diversificar proveedores y considerar la producción local o regional de componentes críticos.
	Fluctuaciones en los subsidios y apoyos para energías renovables.	Dependencia de políticas gubernamentales para subsidios, que pueden cambiar con nuevas	Diversificar estrategias financieras y buscar alianzas estratégicas con entidades

		administraciones o políticas económicas.	privadas y organizaciones internacionales.
Implementación	Desafíos en la infraestructura para sistemas de almacenamiento de energía y vehículos de hidrógeno verde.	Falta de infraestructura adecuada para soportar nuevas tecnologías como sistemas de almacenamiento de energía y estaciones de hidrógeno verde.	Inversiones en infraestructura de soporte y colaboraciones público-privadas para el desarrollo de infraestructura.
	Retrasos en la adaptación de la red eléctrica para soportar nuevas tecnologías	La infraestructura eléctrica actual puede necesitar actualizaciones significativas para integrar eficientemente tecnologías como el almacenamiento de energía.	Trabajar en estrecha colaboración con operadores de red para planificar actualizaciones y asegurar financiación adecuada.
	Disponibilidad limitada de recursos renovables por factores geográficos.	Variaciones geográficas en recursos renovables restringen la viabilidad de proyectos en ciertas áreas.	Investigación y desarrollo de tecnologías que se adapten a las condiciones locales y diversificación de fuentes de energía.
Tecnológicos	Inadecuada adaptación de la tecnología a las condiciones locales.	Las tecnologías de almacenamiento de energía y los vehículos de hidrógeno verde pueden no funcionar eficientemente bajo condiciones locales específicas.	Realizar estudios y pruebas piloto regionales para adaptar tecnologías a condiciones locales.
	Baja eficiencia en condiciones climáticas adversas.	Algunas tecnologías de energía renovable pueden tener un rendimiento reducido bajo ciertas condiciones climáticas.	Investigación y desarrollo de tecnologías resistentes a diferentes condiciones climáticas y diversificación de fuentes de energía.
	Incompatibilidad tecnológica con infraestructuras existentes	Nuevas tecnologías energéticas pueden no ser compatibles con las infraestructuras y sistemas existentes.	Análisis técnico detallado antes de la implementación y diseño de soluciones adaptativas.
	Obsolescencia de tecnologías energéticas.	Las tecnologías energéticas pueden volverse obsoletas rápidamente debido al avance tecnológico.	Planificación de actualizaciones tecnológicas y seguimiento continuo de las tendencias del mercado.
	Riesgos de ciberseguridad en sistemas energéticos avanzados.	La creciente digitalización y conectividad de los sistemas energéticos, incluyendo redes inteligentes y tecnologías de almacenamiento, los hace susceptibles a ciberataques que pueden comprometer la seguridad y eficiencia del sistema energético.	Desarrollar e implementar protocolos robustos de ciberseguridad, realizar auditorías de seguridad periódicas, y formar al personal en prácticas de seguridad informática.
Financieros	Inestabilidad en la financiación para proyectos de energía renovable.	Cambios en políticas gubernamentales o económicas pueden afectar la financiación para proyectos de energía renovable.	Diversificar fuentes de financiamiento y establecer fondos de reserva para proyectos.
	Variabilidad en el retorno de la inversión debido a cambios tecnológicos.	Las inversiones en tecnologías energéticas pueden verse afectadas por la rápida evolución y obsolescencia tecnológica	Monitoreo de tendencias tecnológicas y flexibilidad en la planificación financiera para adaptarse a cambios.
	Dependencia de recursos naturales limitados para producción de Hidrógeno Verde.	La escasez de metales raros necesarios para electrolizadores afecta la producción de hidrógeno.	Diversificar fuentes de materiales y promover la investigación en materiales alternativos.
Sociales	Resistencia comunitaria a proyectos	Comunidades locales pueden oponerse al desarrollo de proyectos por preocupaciones sobre impactos ambientales y de uso de suelo.	Participación comunitaria activa y transparente desde las fases iniciales del proyecto para abordar preocupaciones y asegurar beneficios locales.

	Reforzamiento de inequidades por precios inaccesibles.	Tecnologías de energía renovable como el hidrógeno verde pueden ser menos accesibles para personas con menos ingresos.	Implementar políticas de precios escalonados y subsidios para grupos vulnerables.
Regulatorios	Cambios en la legislación energética y medioambiental.	Nuevas leyes o regulaciones pueden impactar las operaciones en el sector energético, como la generación de energía renovable o el uso de vehículos de hidrógeno.	Monitoreo constante de la legislación y adaptación a nuevas regulaciones.
	Desafíos en la normativa de seguridad para nuevas tecnologías energéticas.	Falta de claridad o actualización en las normativas de seguridad para tecnologías como el hidrógeno verde y la electromovilidad.	Trabajar en colaboración con organismos reguladores y expertos para desarrollar y actualizar normativas.
Ambientales	Uso del suelo e impactos ambientales por proyectos de energía renovable.	Proyectos a gran escala pueden conflictuar con usos del suelo locales y biodiversidad.	Realizar evaluaciones de impacto ambiental y trabajar con comunidades locales para mitigar impactos.
	Impacto de las tecnologías energéticas en ecosistemas locales.	Desarrollos energéticos como parques solares o eólicos pueden afectar ecosistemas y biodiversidad locales.	Evaluaciones de impacto ambiental rigurosas y medidas de mitigación para proteger la biodiversidad.

Fuente: Elaboración propia.

Los riesgos identificados para cada tecnología son:

- Para el almacenamiento de energía se identificaron riesgos económicos relacionados con los costos de innovación y desarrollo. Tecnológicos con limitaciones en la eficiencia del almacenamiento de energía y de implementación en relación con la integración de los sistemas de almacenamiento con fuentes renovables.
- Para hidrógeno verde como combustible para vehículos, se han identificado riesgos económicos por costos de adquisición de vehículos y competencia de precios con otras tecnologías emergentes, de implementación, debido a que no existen mucha infraestructura de recarga de hidrógeno. Ambientales por el uso intensivo del agua en la producción de hidrógeno y tecnológicos por la poca experiencia en la parte técnica del almacenamiento y manipulación del hidrógeno.
- Para BRT con electromovilidad se ha identificado riesgos económicos referidos a los costos de operación y mantenimiento de los autobuses eléctricos, de implementación debido a la dificultad de integrar los carriles BRT en áreas urbanas (i.e. tramitación de permisos). Riesgos sociales por la incertidumbre frente a la respuesta de la población sobre su uso; y riesgos regulatorios debido a la falta de un marco regulatorio claro y coherente para el desarrollo del mercado de hidrógeno verde.

La Tabla 13 especifica cada riesgo identificado, su descripción y su acción de contingencia.

Tabla 13. Análisis de riesgo de las tecnologías priorizadas del sector

Tipo de riesgo	Riesgo identificado	Descripción del riesgo	Acción de contingencia
Económicos	Costos de innovación y desarrollo	Inversión significativa requerida para la investigación y desarrollo de tecnologías de almacenamiento avanzadas.	Fomentar asociaciones entre el sector público, privado y académico para compartir costos y riesgos de I+D

Implementación	Integración con fuentes renovables	Desafíos en integrar sistemas de almacenamiento con fuentes de energía renovables variables.	Desarrollar protocolos y tecnología para la integración eficiente con sistemas de energía renovable.
Tecnológicos	Durabilidad y eficiencia de las baterías	Riesgo de que las baterías no alcancen las expectativas de durabilidad y eficiencia.	Inversión en investigación para mejorar la tecnología de baterías y monitoreo constante del rendimiento.
	Limitaciones tecnológicas en la eficiencia del almacenamiento de energía.	Las tecnologías actuales de almacenamiento de energía pueden no ser lo suficientemente eficientes para ciertas aplicaciones.	Invertir en I+D para desarrollar tecnologías de almacenamiento más eficientes y adaptadas a diferentes usos.
Económicos			
Económicos	Costo de adquisición de vehículos	Elevado costo inicial de vehículos pesados alimentados por hidrógeno en comparación con alternativas tradicionales.	Buscar subsidios gubernamentales y programas de incentivos para reducir la barrera de entrada.
	Competencia entre tecnologías de transporte emergentes.	El hidrógeno verde compite con vehículos eléctricos y otras tecnologías emergentes.	Fomentar políticas regulatorias que equilibren la competencia y promuevan la coexistencia de tecnologías.
Implementación	Infraestructura de recarga	Escasez de estaciones de recarga de hidrógeno accesibles y convenientes para vehículos pesados.	Inversión en el desarrollo de una red de estaciones de recarga y asociaciones con empresas de energía.
Ambientales	Consumo de agua en la producción de hidrógeno:	Uso intensivo de agua en la producción de hidrógeno verde podría afectar la sostenibilidad del recurso	Implementar tecnologías de producción de hidrógeno que minimicen el uso del agua y explorar fuentes alternativas.
Tecnológicos	Almacenamiento y manipulación del hidrógeno	Desafíos técnicos asociados al almacenamiento seguro y eficiente del hidrógeno en vehículos.	Desarrollo de tecnologías seguras para el almacenamiento y la manipulación de hidrógeno en vehículos.
Económicos			
Económicos	Costos de operación y mantenimiento	Mantenimiento de autobuses eléctricos y la infraestructura del BRT puede ser más costoso que los sistemas tradicionales.	Implementar estrategias de gestión eficiente y buscar financiamiento para cubrir los gastos operativos
Implementación	Espacio urbano y planificación	Dificultades para integrar carriles BRT en áreas urbanas densamente pobladas. Tramitación de permisos.	Trabajar con planificadores urbanos y comunidad para optimizar el diseño y la ubicación de los carriles y estaciones BRT.
Sociales	Aceptación y uso por parte de la comunidad	Resistencia de la comunidad a cambiar de modos de transporte privados a BRT.	Campañas de sensibilización y educación para informar sobre los beneficios del BRT y fomentar su adopción.
Regulatorios	Desafíos en la regulación del mercado de hidrógeno verde.	Falta de un marco regulatorio claro y coherente para el desarrollo del mercado de hidrógeno verde	Promover la creación de regulaciones específicas y claras para el mercado de hidrógeno verde.

Fuente: Elaboración propia.

3.6.2. Próximos pasos

Esta sección identifica las necesidades inmediatas y los pasos críticos necesarios para el éxito del PAT, y la ejecución estratégica de las acciones propuestas.

Tabla 14. Identificación de las necesidades inmediatas y pasos críticos

Necesidades inmediatas	<ul style="list-style-type: none">• Identificar y asignar los actores claves necesarios para liderar y ejecutar las primeras etapas del TAP.• Implementar estrategias de comunicación para informar a las partes interesadas sobre los objetivos y beneficios del TAP, para promover la implementación de las tecnologías priorizadas.
Pasos críticos	<ul style="list-style-type: none">• Promulgación de normativa que promueva el almacenamiento de energía eléctrica y la electromovilidad.• Lanzar proyectos piloto para demostrar la viabilidad y efectividad de las tecnologías y prácticas propuestas.

Fuente: Elaboración propia.

3.7. Reporte y Monitoreo

Esta sección propone como la evaluación del progreso, la identificación de áreas de mejora, y la garantía de que los objetivos del PAT se están cumpliendo repercute en el éxito del Plan.

En ese sentido, esta sección contempla los siguientes componentes:

- **Periodo e indicadores:** Definir en qué periodo se implementará cada actividad específica (meses, años) y bajo que indicador se medirá su progreso. Esto está detallado en las tablas de la sección 3.5.2 **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia..**
- **Responsabilidades y roles:** Asignar responsabilidades a los encargados de las actividades específicas, estos organismos serán quienes reporten el progreso de la actividad, mediante la elaboración de informes, incluyendo qué equipos o individuos serán responsables de recopilar, analizar y reportar datos. Esto está detallado en las tablas de la sección 3.5.2 **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia..**
- **Contenido del reporte:** Especificar qué información se incluirá en los informes, como avances en actividades específicas, uso de recursos y logro de hitos. Se sugiere que estos reportes se publiquen en las plataformas institucionales de los actores claves.
- **Evaluación y ajuste:** Describir cómo se evaluarán los datos recopilados y cómo se utilizarán para hacer ajustes necesarios en la implementación del TAP.

La información generada a través del sistema de seguimiento del TAP se utilizará para recopilar y compartir sistemáticamente experiencias sobre cómo y si los sectores han podido atraer apoyo financiero y técnico para la implementación de cada TAP. Esto constituiría una buena base para que otros países aprendan unos de otros, reproduzcan experiencias de éxito y lecciones aprendidas. Permitirá promover una mayor implementación de los TAP y mejorar la participación de las partes interesadas dentro de cada país.

4. Ideas de proyecto del sector

4.1. Idea de proyecto tecnología 1: Almacenamiento colectivo con diversidad de perfiles de consumo y demanda de energía

El proyecto tiene como finalidad generar un sistema de almacenamiento de energía de corto plazo en un parque industrial con perfiles de demanda y consumo diversos, cercano a una zona residencial, que idealmente pueda también formar parte del proyecto (perfil de demanda residencial). El proyecto busca mejorar la productividad de la industria y reducir el costo de la energía relacionada a las tarifas eléctricas en hora de punta.

Se espera que el proyecto pueda gestionarse e implementarse, aprovechando alguno de los Acuerdos de Producción Limpia territoriales que se encuentran en etapa de gestación o negociación, como impulso para dar solución a la seguridad energética y las emisiones de gases de efecto invernadero asociadas en un territorio.

4.1.1. Objetivos

Demostrar la viabilidad técnica y económica del uso de almacenamiento de energía de corto plazo en usuarios colectivos en una zona específica con perfil de demanda y consumo diversos.

4.1.2. Actividades y cronograma del proyecto

Las actividades para la implementación de un proyecto de este tipo se describen a continuación:

Actividades	Actores claves	Meses de implementación											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Evaluación del sitio <ul style="list-style-type: none"> Identificación de la zona industrial en una zona aplicable a un Acuerdo de Producción Limpia (APL) territorial Evaluar la infraestructura existente, como conexiones eléctricas y acceso a la red de distribución. 	ASCC Ministerio de Energía Ministerio de Medio Ambiente												
Estudio de viabilidad <ul style="list-style-type: none"> Realizar un estudio de viabilidad técnica, económica y ambiental para determinar la rentabilidad del proyecto. Evaluar la demanda energética de la zona industrial y la capacidad del sistema de almacenamiento para satisfacerla 	ASCC Ministerio de Energía												
Diseño del sistema <ul style="list-style-type: none"> Asignación de un espacio para colocar las baterías dentro del espacio colectivo Establecer la capacidad de almacenamiento necesaria y la configuración del sistema 	ASCC Ministerio de Energía Asociación del parque industrial o similar												
Obtención de permisos y regulaciones <ul style="list-style-type: none"> Obtener los permisos requeridos para la construcción y operación del proyecto, cumpliendo con las regulaciones locales y ambientales. 	Superintendencia de Electricidad y Combustibles (SEC)												
Adquisición de equipos y materiales <ul style="list-style-type: none"> Comprar los componentes necesarios, como baterías, inversores, sistemas de control, etc. 	ASCC												

Actividades	Actores claves	Meses de implementación											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
<ul style="list-style-type: none"> Contratar a proveedores y contratistas para la construcción. 													
Construcción: <ul style="list-style-type: none"> Construir la infraestructura física del proyecto, incluyendo la instalación de equipos y sistemas. Realizar pruebas y asegurar que el sistema funcione correctamente Establecer la conexión adecuada a la red eléctrica local, asegurando la sincronización y el flujo de energía según sea necesario. 	ASCC												
Operación y mantenimiento <ul style="list-style-type: none"> Establecer un plan de operación y mantenimiento regular para garantizar el funcionamiento óptimo del sistema de almacenamiento de energía. Monitorear el rendimiento y la eficiencia del sistema a lo largo del tiempo. Capacitar al personal necesario para operar y mantener el sistema. Establecer un equipo de respuesta de emergencia y protocolos de seguridad. 	ASCC Parque industrial												
Monitoreo y optimización: <ul style="list-style-type: none"> Implementar sistemas de monitoreo en tiempo real para supervisar el rendimiento y detectar posibles problemas. Continuar optimizando el sistema para maximizar la eficiencia y reducir los costos operativos. Evaluar regularmente la rentabilidad y el impacto ambiental del proyecto a lo largo de su vida útil. Realizar mejoras y ajustes según sea necesario. 	ASCC Parque industrial												
Información y divulgación: <ul style="list-style-type: none"> Comunicar los beneficios del proyecto a la comunidad local y las partes interesadas. Informar sobre el progreso y los resultados del proyecto a las autoridades y la población en general. 	ASCC Ministerio de Energía												

Fuente: Elaboración propia.

4.1.3. Relación con las prioridades del país

Entre los objetivos principales del proyecto se encuentra el respaldar la transición energética del cierre de termoeléctricas y la inserción de fuentes renovables, objetivos que hacen sinergia con diferentes prioridades a nivel nacional:

- Esta tecnología se alinea con el Plan Nacional de Eficiencia Energética 2022-2026 con la meta de los sectores *productivos* busca reducir en un 4% la intensidad energética de los grandes consumidores al 2026, respecto al año 2019. El almacenamiento energético aporta en la gestión energética del sector productivo, medida planteada para cumplir dicha meta.
- La reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) y el cumplimiento de la meta 1 del componente de mitigación de la NDC, en específico las relacionadas al sector energético, en el marco del cumplimiento de su meta de no superar un máximo de emisiones 95 MtCO_{2eq} al 2030 al 2025.

- c) Cumplimiento de la meta de la Política Energética, Lineamiento 21 - Permitir una alta penetración de energías renovables en la matriz eléctrica, de al menos el 70%, al 2050 de Chile.
- d) Lineamiento con la Ley 21505 que busca promover el almacenamiento de energía eléctrica y la electromovilidad. El propósito de esta normativa es fomentar la participación de energías renovables en la matriz eléctrica, a través de la promoción de tecnologías de almacenamiento.

4.1.4. Beneficios del proyecto

Ambientales:

- Promoción del uso de energías renovables y fomento de la transición energética, esto contribuye significativamente a la reducción de GEI asociados al consumo de combustibles fósiles.
- Mitigación del impacto visual al paisaje al reducir la necesidad de expansión de infraestructuras eléctricas tradicionales.

Socioeconómicos:

- Oportunidades de empleo local e integración de la comunidad mediante la participación de los ciudadanos en las actividades de planificación, instalación y mantenimiento de infraestructuras de almacenamiento de energía.
- Fortalecimiento de la seguridad energética y descentralización de la infraestructura energética ante eventuales riesgos que amenazan la interrupción del suministro eléctrico. En este proyecto además se verá beneficiada la comunidad cercana al parque industrial donde se implementará el proyecto.
- La implementación del almacenamiento de energía permitirá al parque industrial reducir sus costos energéticos al poder aprovechar la energía almacenada durante periodos de menor demanda.
- Promoción de un ambiente que promueva la igualdad de oportunidades de ascenso entre hombres y mujeres, siendo reconocidos y recompensados sus talentos y habilidades individuales.

Tecnológicos:

- Desarrollo de capacidades tecnológicas especializadas para mujeres interesadas en los sistemas de almacenamiento de energía. Esto ayudará a cerrar la brecha de género en industrias tecnológicas y fortalecerá la presencia femenina en roles técnicos.

4.1.5. Presupuesto del proyecto

Para la implementación de esta idea de proyecto se estiman un costo de 1.046.500 USD.

Tabla 15. Estimación de costos de la idea de proyecto de la tecnología 1

Actividad	Subactividad	Concepto de costo	Valor (USD)	Supuestos del costo
Evaluación del sitio y gestión del acuerdo	Identificación de la zona industrial en una zona aplicable a un Acuerdo de Producción Limpia (APL) territorial	Análisis institucional para la identificación de la zona y la gestión del acuerdo APL	7.000,00	Horas de dedicación de equipo interdisciplinario
	Gestión y acuerdo con el APL de incorporar la actividad			
	Evaluar la infraestructura existente, como conexiones eléctricas y acceso a la red de distribución.			
Estudio de viabilidad	Evaluar la demanda energética de la zona industrial y la capacidad del sistema de almacenamiento para satisfacerla.	Contratación de servicios de consultoría	25.000,00	Estudio, puede variar de acuerdo a la escala que se decida.
	Realizar un estudio de viabilidad técnica, económica y ambiental para determinar la factibilidad del proyecto.			
Diseño del sistema	Asignación de un espacio para colocar las baterías dentro del espacio colectivo.	Incluyen la planificación del espacio y la determinación de la capacidad y configuración del sistema.	35.000,00	Depende del tamaño y la complejidad del sistema
	Establecer la capacidad de almacenamiento necesaria y la configuración del sistema			
Obtención de permisos y regulaciones	Obtener los permisos requeridos para la construcción y operación del proyecto, cumpliendo con las regulaciones locales y ambientales.	Tasas de permisos y posiblemente honorarios legales.	7.500,00	Los costos varían según la jurisdicción y el tipo de proyecto
Adquisición de equipos y materiales	Comprar los componentes necesarios, como baterías, inversores, sistemas de control, etc.	Para 1000 kW con 4 horas de almacenamiento (4000 kWh): 4000 kWh x 150 USD/kWh 600,000 USD.	800.000,00	Los costos adicionales incluirían inversores, transformadores y sistemas de gestión energética
	Contratar a proveedores y contratistas para la construcción.			
Construcción	Construir la infraestructura física del proyecto, incluyendo la instalación de equipos y sistemas.	10% del valor del diseño + equipos y materiales	120.000,00	
	Realizar pruebas y asegurar que el sistema funcione correctamente.			
	Establecer la conexión adecuada a la red eléctrica local, asegurando la sincronización y el flujo de energía según sea necesario.			
Operación y mantenimiento	Establecer un plan de operación mensual y mantenimiento regular para garantizar el funcionamiento óptimo del sistema.	El costo se estima entre 10 y 20 USD kW por año, para un sistema de 1000 kW, un valor medio sería 15,000 USD/año. Se suma valor de las capacitaciones y el establecimiento del	30.000,00	Establecer un plan de operación y mantenimiento. Los costos varían según el tamaño del proyecto y la complejidad del sistema.
	Monitorear el rendimiento y la eficiencia del sistema a lo largo del tiempo.			
	Capacitar al personal necesario para operar y mantener el sistema.			
	Establecer un equipo de respuesta de emergencia y protocolos de seguridad			

Actividad	Subactividad	Concepto de costo	Valor (USD)	Supuestos del costo
		equipo local de respuesta		
Monitoreo y optimización	Implementar sistemas de monitoreo en tiempo real para supervisar el rendimiento y detectar posibles problemas.	Implementación de sistemas de monitoreo y actividades de optimización continuas.	20.000,00	Los costos varían con la tecnología utilizada y la escala del proyecto.
	Continuar optimizando el sistema para maximizar la eficiencia y reducir los costos operativos.			
	Realizar mejoras y ajustes según sea necesario.			
Información y divulgación	Comunicar los resultados del proyecto a la comunidad local y las partes interesadas	Costos asociados con actividades de comunicación y relaciones públicas.	2.000,00	Se estima únicamente una campaña de divulgación simple
Total			1.046.500	Los costos se asocian a un sistema de 1 MWh

Fuente: Elaboración propia.

4.1.6. Medidas de gestión de riesgo

Los desafíos que podrían surgir durante la ejecución del proyecto se originarán tanto en factores relacionados con el entorno natural como en las actividades asociadas al proyecto, lo que podría disminuir la capacidad del proyecto para alcanzar sus objetivos. La identificación temprana de estos impactos y la adopción de medidas de gestión de riesgo necesarias minimizarán las perturbaciones en la implementación del proyecto. Los principales desafíos previstos para la implementación del proyecto se detallan a continuación.

- Contar con un **Plan de manejo de residuos** que garantice la disposición final o valorización de las baterías luego de su uso.
- La falta de regulación de la Ley 21505 que promueve el almacenamiento de energía eléctrica y la electromovilidad, así como de su desarrollo tecnológico del almacenamiento de energías en baterías.
- La dependencia de la aprobación de todas las instituciones de regulación y fiscalización energéticas para la instalación de almacenamientos energéticos.

4.2. Idea de proyecto tecnología 2: Camión de recolección de basura con hidrógeno verde

El proyecto consiste en disponer de un camión recolector de residuos sólidos domiciliarios propulsado a hidrógeno verde (H2V) que aproveche la energía producida en el relleno sanitario Santa Marta en la Región Metropolitana. Actualmente, el relleno sanitario recibe el 30% de los residuos de la región y genera 5.000 MWh promedio de energía eléctrica al mes, esta fuente energética no convencional será utilizada para la generación de H2V que alimentará los camiones recolectores de residuos sólidos.

Se proyecta la instalación de una planta de producción de hidrógeno verde que cuente con un electrolizador propio en el relleno sanitario, así como las estaciones de carga necesarias para

suministrar combustible H2V a los camiones mediante celdas de combustibles de hidrógeno cuando transportan la basura recolectada al lugar de disposición final.

4.2.1. Objetivos

Demostrar la viabilidad costo-beneficio de los camiones recolectores de basura propulsados a hidrógeno verde para la reducción de GEI.

4.2.2. Actividades y cronograma del proyecto

La implementación de un proyecto piloto de camiones recolectores de residuos sólidos domiciliarios propulsados a hidrógeno verde que aproveche la energía generada con el biogás del relleno sanitario Santa Marta en la Región Metropolitana, involucra una serie de actividades clave:

Tabla 16. Actividades y cronograma de la tecnología 2

Actividades	Actores claves	Meses de implementación															
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Estudio de viabilidad <ul style="list-style-type: none"> Realizar un estudio exhaustivo de viabilidad técnica, económica y ambiental para evaluar la conveniencia y la rentabilidad del proyecto piloto. Realizar un acuerdo entre el gobierno regional, el Consorcio Santa Marta, las municipalidades y las empresas recolectoras de residuos 	Ministerio de Energía Ministerio de Medio Ambiente (MMA) Gobierno regional y municipalidades Consorcio Santa Marta Empresas recolectoras de residuos																
Diseño y planificación <ul style="list-style-type: none"> Diseñar la planta de producción de hidrógeno verde y el electrolizador en el relleno sanitario Santa Marta, determinando su capacidad y tecnología necesaria. Planificar la ubicación y construcción de la estación de carga y los sistemas de suministro de hidrógeno a los camiones. 	Ministerio de Energía Consorcio Santa Marta Empresas recolectoras de residuos																
Selección y adquisición de equipos <ul style="list-style-type: none"> Seleccionar los equipos necesarios para la producción de hidrógeno verde y las estaciones de carga. Realizar la adquisición de los camiones recolectores propulsados a H2V 	Ministerio de Energía Empresas recolectoras de residuos																
Construcción e instalación <ul style="list-style-type: none"> Construir la planta de producción de hidrógeno verde y la estación de carga de acuerdo con los diseños y especificaciones. Instalar los sistemas de almacenamiento y distribución de hidrógeno. 	Ministerio de Energía Consorcio Santa Marta																
Pruebas y calibración <ul style="list-style-type: none"> Realizar pruebas y ajustes en el camión recolector y en la infraestructura de producción y carga para garantizar su funcionamiento óptimo. 	Ministerio de Energía Consorcio Santa Marta Empresas recolectoras de residuos																

Actividades	Actores claves	Meses de implementación															
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Integración con la operación actual: <ul style="list-style-type: none"> Integrar los camiones propulsados a H2V en la flota de recolección de residuos existente. Coordinar las operaciones de producción de hidrógeno y carga con la recolección de residuos programada. 	Ministerio de Energía Consorcio Santa Marta Empresas recolectoras de residuos																
Operación y mantenimiento <ul style="list-style-type: none"> Establecer un plan de operación y mantenimiento para los camiones y la infraestructura de hidrógeno. Capacitar al personal en la operación segura y eficiente de los camiones y equipos. 	Ministerio de Energía Consorcio Santa Marta Empresas recolectoras de residuos																
Monitoreo y optimización: <ul style="list-style-type: none"> Implementar sistemas de monitoreo para supervisar el rendimiento de los camiones y la producción de hidrógeno. Evaluar regularmente el impacto económico y ambiental del proyecto piloto. 	Ministerio de Energía Empresas recolectoras de residuos																
Información y divulgación: <ul style="list-style-type: none"> Informar a la comunidad y a las partes interesadas sobre el proyecto piloto y sus beneficios. Evaluar los resultados del proyecto piloto, incluyendo la eficiencia operativa, los costos y los beneficios ambientales. Tomar decisiones sobre la expansión del proyecto a mayor escala. 	Ministerio de Energía																

Fuente: Elaboración propia.

Cabe resaltar que las especificaciones técnicas de cada proyecto dependerán del alcance del mismo, la geografía del lugar, los actores involucrados y el tipo de tecnología a implementar. Sin perjuicio de ello, en el Box 2 se presentan algunas consideraciones técnicas a tener en cuenta para la implementación de la idea de proyecto.

4.2.3. Relación con las prioridades del país

El desarrollo de un piloto de camión pesado recolector de basura se relaciona con diferentes prioridades a nivel nacional:

- Esta tecnología se alinea con la medida del sector energía en la NDC de contar con transporte de carga a hidrógeno verde, en el cual se plantea en un escenario de carbono neutralidad, un 71% en transporte de carga a 2050.
- Contribuye con la ECLP, en específico con el Objetivo 3 del sector energía de incrementar el uso de tecnologías y energéticos bajos en emisiones, como el uso de hidrógeno verde en todos los sectores de la economía. En específico, con la meta de que al 2030 el 15% de combustibles sean de cero emisiones como el hidrógeno verde en los usos energéticos finales no eléctricos.
- Se alinea con el Eje 1 “Medios de transporte sustentable y financiamiento” de la Estrategia Nacional de Electromovilidad en donde se propone el hidrógeno verde en el transporte como la habilitación de nuevas tecnologías.

- d) Responde a la Estrategia Nacional de Hidrógeno Verde donde sus medidas abarcan la producción y aplicación del H2V en el sector transporte como usos finales en operaciones con viajes a larga distancia y/o con el transporte de carga.
- e) Cumplimiento de la meta de la *Hoja de Ruta 2050: Hacia una Energía Sustentable e Inclusiva para Chile* del Lineamiento 7 de “fomentar la participación de combustibles de bajas emisiones de GEI y contaminantes atmosféricos en la matriz energética”.

4.2.4. Beneficios del proyecto

Ambientales:

- El uso de hidrógeno verde en camiones, en comparación con el diésel, lleva a una reducción de las emisiones de GEI y contaminantes locales porque en el proceso de generación de hidrógeno no hay combustión de combustibles fósiles, evitando así la emisión de contaminantes. Mientras que, en los camiones de diésel, durante la combustión se liberan óxidos de nitrógeno, dióxido de carbono, dióxido de azufre, entre otros gases.
- El hidrógeno verde tiene la capacidad de almacenar energía a gran escala y largo plazo, siendo crucial para cuando se necesite cubrir distancias extensas durante la operación diaria de los camiones recolectores de basura y de esta manera contribuir al uso eficiente de energía.
- El aprovechamiento del biogás del relleno sanitario para la generación de hidrógeno verde promueve el enfoque de economía circular.
- Puede impulsar el uso de tecnologías más eficientes y sostenibles en el manejo de residuos, equipando los camiones con sistemas avanzados de recolección y clasificación de residuos como un siguiente paso.

Socioeconómicas:

- Generación de empleo en sectores relacionados con su fabricación y mantenimiento del camión y su infraestructura. Así como ofrecer oportunidades de empleo para mujeres en áreas tradicionalmente dominadas por hombres. La participación de mujeres en roles como conductoras, técnicas de mantenimiento o ingenieras especializadas en la tecnología de hidrógeno puede contribuir a la diversificación de la fuerza laboral y fomentar la igualdad de género.
- Desarrollo de programas de formación y capacitación específicos tanto para hombres y mujeres interesadas en trabajar en el proyecto, tomando en cuenta el horario laboral.
- Imagen positiva para la comunidad al implementar tecnologías limpias y mayor satisfacción por parte de la población hacia gobiernos locales.
- La adopción de tecnologías de hidrógeno verde contribuye a la diversificación de la matriz energética, lo cual puede influir en las fluctuaciones en los precios de los combustibles fósiles.
- Reducción de costos a largo plazo ocasionados por los vehículos tradicionales, esto debido a la eficiencia del hidrógeno.

4.2.5. Presupuesto del proyecto

Para la implementación de esta idea de proyecto se estiman un costo de 1.420.500 USD.

Tabla 17. Estimación de costos de la idea de proyecto de la tecnología 2

Actividad	Subactividad	Concepto de costo	Valor (USD)	Supuestos
Estudio de viabilidad	Realizar un estudio exhaustivo de viabilidad técnica, económica y ambiental para evaluar la conveniencia y la rentabilidad del proyecto piloto.	Contratación de servicios de consultoría	35.000,00	Análisis de costos, evaluaciones de impacto ambiental y estudios técnicos, legales y administrativos Planta Hidrógeno + Integración Camión
	Realizar un acuerdo entre el gobierno regional y el Consorcio Santa Marta.			
Diseño y planificación	Diseñar la planta de producción de hidrógeno verde en el relleno sanitario Santa Marta, determinando su capacidad y tecnología necesaria.	Ingeniería, diseño y logística	45.000,00	Diseño de la planta + la planificación de la estación de carga.
	Planificar la ubicación y construcción de la estación de carga y los sistemas de suministro de hidrógeno a los camiones.			
Selección y adquisición de equipos	Seleccionar los equipos necesarios para la producción de hidrógeno verde y la estación de carga.	Para 598 kW, a un costo de 750 USD/kW (promedio), el costo sería $598 \text{ kW} \times 750 \text{ USD/kW} = 448.500 \text{ USD}$. Se asume el valor de un camión recolector de 300.000 USD	748.500,00	Se supone una necesidad entre 7 y 8 kg día para operar por camión (dependerá de la ruta) y se asume un funcionamiento de 5 días a la semana. Se estima capacidad para funcionamiento de dos camiones. El valor de los camiones oscila entre 200.000 y 600.000
	Realizar la adquisición de los camiones recolectores propulsados a H2V			
Construcción e instalación	Construir la planta de producción de hidrógeno verde y la estación de carga de acuerdo con los diseños y especificaciones.	Se asume un 85% del valor de los Electrolizadores destinado para obras	380.000,00	
	Instalar los sistemas de almacenamiento y distribución de hidrógeno.			
Pruebas y calibración	Realizar pruebas y ajustes en el camión recolector y en la infraestructura de producción y carga para garantizar su funcionamiento óptimo.	Mano de obra y equipos especializados	50.000,00	Implica personal técnico especializado y posiblemente la contratación de servicios externos.

Actividad	Subactividad	Concepto de costo	Valor (USD)	Supuestos
Integración con la operación actual	Integrar los camiones propulsados a H2V en la flota de recolección de residuos existente	Coordinación operativa, capacitación del personal y ajustes en rutas/logística.	35.000,00	Asumiendo que la integración implica cambios moderados en la logística y capacitación del personal.
	Coordinar las operaciones de producción de hidrógeno y carga con la recolección de residuos programada			
Operación y mantenimiento	Establecer un plan de operación y mantenimiento para los camiones y la infraestructura de hidrógeno.	Se asume el 15% del valor de los electrolizadores y el camión recolector	112.000,00	Incluyen la operación continua de la planta, el mantenimiento de los equipos y otros costos recurrentes
	Capacitar al personal en la operación segura y eficiente de los camiones y equipos.			
Monitoreo y optimización	Implementar sistemas de monitoreo para supervisar el rendimiento de los camiones y la producción de hidrógeno.			Implementación de tecnología para el seguimiento en tiempo real de los camiones y la eficiencia de la producción de hidrógeno. Análisis regulares y reportes sobre el desempeño económico y sostenibilidad ambiental del proyecto.
	Evaluar regularmente el impacto económico y ambiental del proyecto piloto.			
Información y divulgación	Informar a la comunidad y a las partes interesadas sobre el proyecto piloto y sus beneficios	Campaña + elementos divulgativos	15.000,00	
	Evaluar los resultados del proyecto piloto, incluyendo la eficiencia operativa, los costos y los beneficios ambientales.			
	Tomar decisiones sobre la expansión del proyecto a mayor escala.			
Total			1.420.500,00	

Fuente: Elaboración propia.

4.2.6. Medidas de gestión de riesgo

Se han identificado desafíos que puedan existir antes y durante la ejecución del proyecto que pueden afectar a su correcto desarrollo. A continuación, se describen las medidas para abordar estos desafíos:

- a) Fomento de los acuerdos desde los Ministerios de Energía y Medio Ambiente para que impulsen y faciliten las negociaciones entre los actores involucrados. Sin embargo, de no poder implementarse dentro de las instalaciones del Consorcio Santa Marta se insta a convocar a otras empresas que cuenten con relleno sanitario con producción energética, esto último es un requisito clave porque asegura la generación del hidrógeno verde.
- b) Generación de incentivos a las empresas recolectoras de residuos municipales que animen a su participación dentro del proyecto y cambios contractuales necesarios con las municipalidades para el cambio o adecuación de sus flotas de camiones.
- c) Generación de fortalecimiento de capacidades tecnológicas tanto a las empresas recolectoras de residuos municipales como a la planta de relleno sanitario que asegure una correcta implementación y funcionamiento del proyecto.

4.3. Idea de proyecto tecnología 3: BTR en el Gran Valparaíso

El objetivo principal del proyecto es integrar un autobús de tránsito rápido (BRT) en el sistema de transporte público existente en Valparaíso. Esto implica la incorporación de la electromovilidad en el servicio de transporte urbano y la conexión con los medios de transporte eléctricos ya existentes en la región, como trolebuses, ascensores y el Tren Limache-Puerto.

El proyecto se centra en el desarrollo de un piloto que permita llevar a cabo pruebas tecnológicas para establecer un ecosistema de electromovilidad en Valparaíso, aprovechando la adquisición de autobuses eléctricos en la región. Durante la implementación, se busca crear conciencia entre la población sobre la importancia de utilizar vehículos eléctricos mediante la adopción de etiquetas que resalten las ventajas de la electromovilidad.

4.3.1. Objetivos

Integrar la movilidad eléctrica en áreas donde aún no está presente y establecer una conectividad efectiva entre los sistemas de transporte existentes como parte de la implementación del Autobús de Tránsito Rápido (BRT) en Valparaíso.

4.3.2. Actividades y cronograma del proyecto

La implementación un BRT en Valparaíso se compone de las siguientes actividades:

Tabla 18. Actividades y cronograma de la tecnología 3

Actividades	Actores claves	Implementación (trimestral)															
		Año 1				Año 2				Año 3				Año 4			
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Estudio de viabilidad <ul style="list-style-type: none"> Realizar un estudio exhaustivo de viabilidad que incluya análisis de demanda, identificación de corredores de tráfico congestionados y evaluación económica para determinar la viabilidad del proyecto BRT. 	División de transporte público regional (DTPR) Seremi de Transporte																
Selección de ruta y diseño <ul style="list-style-type: none"> Identificar la ruta o corredor para el BRT que conecte áreas clave de la región y puntos de intercambio con otros medios de transporte, como estaciones de tren o terminales de autobuses. 	MTT DTPR Seremi de Transporte																

Actividades	Actores claves	Implementación (trimestral)															
		Año 1				Año 2				Año 3				Año 4			
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
<ul style="list-style-type: none"> Diseñar la infraestructura necesaria, incluyendo carriles exclusivos para autobuses, estaciones de BRT, estaciones de carga, pasos peatonales y ciclovías. 																	
Proceso de licitación <ul style="list-style-type: none"> Licitación del proyecto para que una empresa se adjudique la obra 	MTT MOP																
Obtención de permisos y regulaciones: <ul style="list-style-type: none"> Obtener los permisos y licencias requeridos para la construcción y operación del proyecto BRT, cumpliendo con las regulaciones locales y ambientales. 	MTT MOP																
Diseño y adquisición de vehículos: <ul style="list-style-type: none"> Seleccionar y adquirir los vehículos eléctricos adecuados para el servicio BRT, teniendo en cuenta la capacidad de pasajeros, la eficiencia energética y las emisiones. Diseñar la identidad visual y la señalización de los autobuses BRT. 	MTT DTPR Seremi de Transporte																
Construcción de infraestructura: <ul style="list-style-type: none"> Construir la infraestructura física del proyecto, incluyendo la construcción de carriles exclusivos, estaciones de BRT, señalización vial y paraderos. Diseñar y construir terminales de intercambio que conecten el BRT con otros medios de transporte, como trenes, metro o buses urbanos. Coordinar horarios y rutas para facilitar las conexiones entre los diferentes modos de transporte. 	MTT MOP DTPR Seremi de Transporte																
Sistemas de control y tecnología: <ul style="list-style-type: none"> Implementar sistemas de control de tráfico y tecnología de pago electrónico para mejorar la eficiencia y la seguridad del sistema BRT. 	DTPR Seremi de Transporte																
Operación y mantenimiento: <ul style="list-style-type: none"> Establecer un plan de operación y mantenimiento que incluya horarios, tarifas, personal de conducción y atención al cliente. Implementar programas de capacitación para conductores y personal de servicio. 	DTPR Seremi de Transporte																
Monitoreo y evaluación: <ul style="list-style-type: none"> Implementar sistemas de monitoreo en tiempo real para supervisar el rendimiento del BRT y recopilar datos sobre la demanda y la eficiencia. Evaluar regularmente el proyecto piloto y realizar ajustes según los resultados obtenidos. Evaluar el impacto ambiental y social del proyecto y tomar medidas para mitigar cualquier efecto negativo. Realizar un seguimiento de los costos y asegurar el financiamiento necesario para la operación y el mantenimiento a largo plazo del proyecto. 	DTPR Seremi de Transporte																

Fuente: Elaboración propia.

Cabe resaltar que las especificaciones técnicas de cada proyecto dependerán del alcance del mismo, la geografía del lugar, los actores involucrados y el tipo de tecnología a implementar. Sin perjuicio de

ello, en el Box 1 se presentan algunas consideraciones técnicas a tener en cuenta para la implementación de la idea de proyecto.

4.3.3. Relación con las prioridades del país

El proyecto de incorporación de un sistema BRT de electromovilidad en la región de Valparaíso se ve respaldado con diferentes prioridades a nivel nacional:

- a) Esta tecnología incorpora las medidas consideradas en la NDC sobre electromovilidad, en donde se plantea que el 100% de buses de transporte público urbano será eléctrico al 2040.
- b) Contribuye con la Estrategia Climática de Largo Plazo (ECLP), en específico con su Objetivo 6 del sector transporte - Meta 6.4 de contar con sistemas de transporte público urbano basados 100% en tecnologías cero emisiones en todas las regiones del país al 2040.
- c) Se alinea con la Hoja de Ruta del Ministerio de Energía que tiene como objetivo llegar a la Carbono Neutralidad al 2050, en el cual se propone la electrificación del transporte.
- d) Contribuye con las metas planteadas en la Estrategia Nacional de Electromovilidad, las cuales establecen que el 100% de las nuevas incorporaciones al transporte público urbano sean vehículos cero emisiones al 2035, el 100% de ventas de vehículos livianos y medianos sean cero emisiones al 2035 y el 100% de las ventas de vehículos para el transporte de pasajeros interurbano y transporte de carga sean cero emisiones al 2045.

4.3.4. Beneficios del proyecto

Ambientales:

- Reducción de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) al implementar un autobús eléctrico. Esto debido a que cada bus diésel emite 1,12 kg CO₂ eq. por kilómetro, mientras que un bus eléctrico no genera emisiones asociadas a su uso.
- Mejora de la calidad de aire en Valparaíso gracias a la reducción de contaminantes locales, como el material particulado y el carbono negro, que son emitidos por los autobuses de combustión interna. Asimismo, esto tendrá beneficios directos en la salud y las enfermedades respiratorias.
- Reducción del ruido y vibraciones debido a que los vehículos eléctricos casi no emiten ruido en comparación a los vehículos con motores diésel, lo cual ayuda a disminuir la contaminación acústica en zonas urbanas.
- Reducción de residuos peligrosos ya que los mecanismos de los vehículos eléctricos no requieren de lubricantes y filtros. Además, el sistema de freno de los vehículos eléctricos se desgasta menos debido a que poseen un sistema de frenos regenerativos.

Socioeconómicos:

- Generación de empleo e impulso de la economía local mediante la participación de empresas locales en la fabricación, operación o mantenimiento de los componentes del BRT.
- Impulso a la actividad económica local por las inversiones de infraestructura, vehículos y tecnologías asociadas como el sistema de control de tráfico y tecnología de pago electrónico para el sistema BRT.
- Uso de un servicio mejorado y eficiente en el transporte público de la región Valparaíso, promoviendo la equidad en la movilidad urbana al ofrecer servicios de alta calidad a la población de diferentes áreas de la ciudad.

- Los vehículos eléctricos contribuyen al desarrollo de ciudades inteligentes ya que poseen sensores móviles que capturan datos urbanos mientras se está en movimiento, promoviendo el desarrollo de una movilidad urbana sostenible.
- Programas de capacitación específicos en electromovilidad, enfocados en la operación y mantenimiento de los autobuses eléctricos del BRT, incentivando la participación activa de las mujeres en roles técnicos y brindando igualdad de oportunidades en el sector.
- Reducción de costos operativos a largo plazo por el aumento de eficiencia del sistema, permitiendo que los costos de mantenimiento sean menores en comparación a los vehículos con motores de combustión interna.

4.3.5. Presupuesto del proyecto

Para la implementación de esta idea de proyecto se estiman un costo de 9.790.000 USD.

Tabla 19. Estimación de costos de la idea de proyecto de la tecnología 3

Actividad	Subactividad	Concepto de costo	Valor (USD)	Supuestos
Estudio de viabilidad	Realizar un estudio exhaustivo de viabilidad que incluya análisis de demanda, identificación de corredores de tráfico congestionados y evaluación económica para determinar la viabilidad del proyecto BRT.	Contratación consultoría	50.000,00	Incluye análisis de demanda, identificación de corredores y evaluación económica. Basado en la complejidad de estudios de transporte urbano.
Selección de ruta y diseño	Identificar la ruta o corredor para el BRT que conecte áreas clave de la región y puntos de intercambio con otros medios de transporte, como estaciones de tren o terminales de autobuses.	Identificación de ruta y diseño de infraestructura.	100.000,00	Planificación y diseño detallados necesarios.
	Diseñar la infraestructura necesaria, incluyendo carriles exclusivos para autobuses, estaciones de BRT, estaciones de carga, pasos peatonales y ciclovías.			
Proceso de licitación	Licitación del proyecto para que una empresa se adjudique la obra	Proceso administrativo y legal para licitar la obra.	20.000,00	Costos administrativos y legales
Obtención de permisos y regulaciones	Obtener los permisos y licencias requeridos para la construcción y operación del proyecto BRT, cumpliendo con las regulaciones locales y ambientales.	Gestión de permisos para construcción y operación.	20.000,00	Dependiendo de la complejidad regulatoria
Diseño y Adquisición de vehículos	Seleccionar y adquirir los vehículos eléctricos adecuados para el servicio BRT, teniendo en cuenta la capacidad de pasajeros, la eficiencia energética y las emisiones.	El costo total aproximado por autobús se estima en 300.000 USD	2.000.000,00	Compra de aproximadamente 6 o 7 autobuses. Esta cantidad de autobuses podría ser adecuada para un proyecto de BRT de tamaño mediano y mediana complejidad
	Diseñar la identidad visual y la señalización de los autobuses BRT.			
	Construir la infraestructura física del proyecto, incluyendo la construcción	Rutas que cubren áreas	6.000.000,00	El valor varía de acuerdo a la complejidad final del

Actividad	Subactividad	Concepto de costo	Valor (USD)	Supuestos
Construcción Infraestructura	de carriles exclusivos, estaciones de BRT, señalización vial y paraderos.	más densamente pobladas, con múltiples estaciones y posiblemente varios carriles dedicados para BRT, ciclovías y estaciones de carga		Sistema BRT y de la cantidad de obra según requerimientos
	Diseñar y construir terminales de intercambio que conecten el BRT con otros medios de transporte, como trenes, metro o buses urbanos.			
	Coordinar horarios y rutas para facilitar las conexiones entre los diferentes modos de transporte.			
Sistemas de control y tecnología	Implementar sistemas de control de tráfico y tecnología de pago electrónico para mejorar la eficiencia y la seguridad del sistema BRT.	Sistemas avanzados de tecnología	500.000,00	
Operación y mantenimiento	Establecer un plan de operación y mantenimiento que incluya horarios, tarifas, personal de conducción y atención al cliente.	Gestión operativa y mantenimiento de vehículos y estaciones.	1.000.000,00	Con base en costos operativos y de mantenimiento de sistemas de BRT.
	Implementar programas de capacitación para conductores y personal de servicio.			
Monitoreo y optimización	Implementar sistemas de monitoreo en tiempo real para supervisar el rendimiento del BRT y recopilar datos sobre la demanda y la eficiencia	Monitoreo en tiempo real y evaluaciones regulares.	100.000,00	-
	Evaluar regularmente el proyecto piloto y realizar ajustes según los resultados obtenidos.			
	Evaluar el impacto ambiental y social del proyecto y tomar medidas para mitigar cualquier efecto negativo.			
	Realizar un seguimiento de los costos y asegurar el financiamiento necesario para la operación y el mantenimiento a largo plazo del proyecto.			
Total			9.790.000	La complejidad del terreno, la cobertura esperada y el diseño, tienen un impacto directo en el costo del proyecto.

Fuente: Elaboración propia.

4.3.6. Medidas de gestión de riesgo

Los desafíos antes y durante la ejecución del proyecto pueden afectar la capacidad para cumplir sus objetivos. Identificarlos tempranamente y aplicar medidas de gestión de riesgos reducirá las interrupciones en la implementación del proyecto. A continuación, se describen las medidas para abordar estos desafíos:

- a) Identificación de los sistemas atomizados en el transporte público de la región y el desarrollo de un comité de transporte regional que garantice las negociaciones con los actores que aseguren la aceptabilidad de la tecnología y una transición justa con la generación de empleo.

- b) Sinergias entre las entidades para la identificación del terreno donde se desarrollará el proyecto que garantice seguridad al financiamiento del proyecto y aceptabilidad social.

Referencias bibliográficas

- [1] O. J. Guerra, “Beyond short-duration energy storage”, *Nat Energy*, vol. 6, núm. 5, pp. 460–461, 2021, doi: 10.1038/s41560-021-00837-2.
- [2] “Net-zero power Long duration energy storage for a renewable grid”. [En línea]. Disponible en: www.ldescouncil.com.
- [3] BID, “Sistemas de almacenamiento de energía”. [En línea]. Disponible en: <https://blogs.iadb.org/energia/es/sistemas-de-almacenamiento-de-energia-descarbonizacion/>
- [4] Enelx, “Almacenamiento de energía en batería eléctricas”. [En línea]. Disponible en: <https://www.enelx.com/cl/es/historias/2022/02/almacenamiento-de-energia-en-baterias-electricas>
- [5] MMA, “Sector energía”. [En línea]. Disponible en: <https://snichile.mma.gob.cl/sector-energia/>
- [6] SEC, “INSTRUCCIÓN TÉCNICA RGR N°06/2020: DISEÑO Y EJECUCIÓN DE INSTALACIONES DE SISTEMAS DE ALMACENAMIENTO DE ENERGÍA A TRAVÉS DE BATERÍAS EN INSTALACIONES ELÉCTRICAS.”, 2020, Consultado: el 17 de agosto de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://www.sec.cl/sitio-web/wp-content/uploads/2020/12/RGR-N-06-2020-v7.pdf>
- [7] A. Internacional de Energías Renovables, “Costos de generación de energía renovable en 2020: Resumen ejecutivo”, 2020. Consultado: el 17 de agosto de 2023. [En línea]. Disponible en: https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2021/Jun/IRENA_Power_Generation_Costs_2020_Summary_ES.pdf#:~:text=Este%20Resumen%20ejecutivo%20es%20una%20traducci%C3%B3n%20de%20%22Renewable,Power%20Generation%20Costs%20in%202020%E2%80%9D%20ISBN%3A%20978-92-9260-348-9%22%20%282021%29.
- [8] SUPERINTENDENCIA DE ELECTRICIDAD Y COMBUSTIBLES – Unidad De Energías Renovables y Electromovilidad, “INSTRUCCIÓN TÉCNICA RGR N°06/2020: DISEÑO Y EJECUCIÓN DE INSTALACIONES DE SISTEMAS DE ALMACENAMIENTO DE ENERGÍA A TRAVÉS DE BATERÍAS EN INSTALACIONES ELÉCTRICAS.”, 2020, Consultado: el 17 de agosto de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://www.sec.cl/sitio-web/wp-content/uploads/2020/12/RGR-N-06-2020-v7.pdf>
- [9] Generadoras de Chile, “Innergex inicia la construcción de su segundo parque de baterías BESS en Atacama”. Consultado: el 17 de agosto de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://generadoras.cl/prensa/innergex-inicia-la-construccion-de-su-segundo-parque-de-baterias-bess-en-atacama>
- [10] Reporte Sostenible, “Proyecto utilizará baterías de litio para consumo eléctrico en islas de Chiloé”. Consultado: el 17 de agosto de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://reportesostenible.cl/blog/proyecto-utilizar-bateras-de-litio-para-consumo-elctrico-en-islas-de-chiloe/>
- [11] I. Renewable Energy Agency, *Electricity storage valuation framework: Assessing system value and ensuring project viability*. 2020. [En línea]. Disponible en: www.irena.org

- [12] B. de D. Muñoz S, “EVALUACIÓN TÉCNICA Y ECONÓMICA DE DISTINTOS TIPOS DE TECNOLOGÍAS DE ALMACENAMIENTO DE ENERGÍA Y POSIBLES APLICACIONES EN EL SISTEMA ELÉCTRICO NACIONAL”, 2020, Consultado: el 17 de agosto de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/175517/Evaluaci%C3%B3n-t%C3%A9cnica-y-econ%C3%B3mica-de-distintos-tipos-de-tecnolog%C3%ADas-de-almacenamiento-de-energ%C3%ADa.pdf?sequence=1>
- [13] Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático México, “3. Barreras y habilitantes para la implementación de tecnologías de almacenamiento de energía”, 2020. [En línea]. Disponible en: <http://www.gob.mx/inecc>
- [14] A. Paz, “Dimensionamiento óptimo y análisis técnico económico de un Sistema de Almacenamiento de Eenergía”, Tesis de grado, Pontificia Universidad Católica de Valparaiso, Valparaiso, 2018.
- [15] C. Espinoza, “Mujeres en ingeniería y ciencias: un tercio productivo y diferenciador”, Universidad de Chile. Consultado: el 17 de agosto de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://uchile.cl/noticias/153540/mujeres-en-ingenieria-y-ciencias-un-tercio-productivo-y-diferenciador>
- [16] ASOCIACIÓN CHILENA DE EMPRESAS DE TECNOLOGÍAS DE INFORMACIÓN, “Mujeres y tecnologías”. Consultado: el 17 de agosto de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://acti.cl/mujeres-y-tecnologias/>
- [17] Ministerio de Energía, “Seremi de Energía revela estudio que muestra que la participación laboral de las mujeres en la industria energética es de sólo de 23%”. Consultado: el 17 de agosto de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://www.energia.gob.cl/noticias/los-rios/seremi-de-energia-revela-estudio-que-muestra-que-la-participacion-laboral-de-las-mujeres-en-la-industria-energetica-es-de-solo-de-23>
- [18] Unión de Científicos Conscientes, “Preguntas frecuentes sobre el almacenamiento de energía en baterías a nivel comunitario y a gran escala”, 2021.
- [19] B. Bustos-Gallardo, G. Bridge, y M. Prieto, “Harvesting Lithium: water, brine and the industrial dynamics of production in the Salar de Atacama”, *Geoforum*, vol. 119, pp. 177–189, feb. 2021, doi: 10.1016/j.geoforum.2021.01.001.
- [20] MMA, “Diagnóstico Producción, Importación y Distribución y el manejo de los residuos de pilas”, 2011.
- [21] S. A. Gorji, “Challenges and opportunities in green hydrogen supply chain through metaheuristic optimization”, *J Comput Des Eng*, vol. 10, núm. 3, pp. 1143–1157, jun. 2023, doi: 10.1093/jcde/qwad043.
- [22] DSS+, “Embracing the green hydrogen transformation in mining Global Mining & Metals Industry Point of View”, 2023.
- [23] UNFCCC, “Deep decarbonization technologies for sustainable road mobility”, 2022. [En línea]. Disponible en: <https://unfccc.int/ttclear/tec/transport.html>
- [24] HECTOR Project, “Pre-operation preparations for the deployment of hydrogen fuel cell waste trucks”, 2023.

- [25] Clean Air Task Force, “Tres ventajas potenciales del transporte por camión a hidrógeno y lo que se necesita para aprovecharlas.”. [En línea]. Disponible en: <https://www.catf.us/es/2023/03/three-potential-benefits-of-hydrogen-trucking-and-what-it-will-take-to-tap-into-them/>
- [26]; Ministerio de Energía, “Estrategia Nacional Hidrógeno Verde”, 2020. Consultado: el 17 de agosto de 2023. [En línea]. Disponible en: https://energia.gob.cl/sites/default/files/estrategia_nacional_de_hidrogeno_verde_-_chile.pdf
- [27] H2 Chile, “HIDRÓGENO VERDE EN MINERÍA”, 2021. [En línea]. Disponible en: https://h2chile.cl/wp-content/uploads/2021/10/20210802_H2_forklifts.pdf
- [28] SERVICIO NACIONAL DE GEOLOGÍA Y MINERÍA, “GUÍA DE IMPLEMENTACIÓN DE PILOTOS Y VALIDACIÓN DE TECNOLOGÍAS QUE UTILIZAN HIDRÓGENO COMO COMBUSTIBLE EN MINERÍA”. Consultado: el 17 de agosto de 2023. [En línea]. Disponible en: https://www.sernageomin.cl/wp-content/uploads/2021/10/Gui%CC%81a-de-Hidro%CC%81geno_web.pdf
- [29] Ministerio de Energía, “Plataforma de Electromovilidad”, <https://energia.gob.cl/electromovilidad/transporte-con-hidrogeno/camion-de-basura-h2>.
- [30] G. García, “Ya circulan por suiza los primeros siete camiones eléctricos de hidrógeno de Hyundai”, https://www.hibridosyelectricos.com/camiones/circulan-suiza-primeros-camiones-electricos-hidrogeno-hyundai_38788_102.html.
- [31] Agencia internacional de energías renovables, *Geopolítica de la transformación energética: El factor hidrógeno*. 2022. [En línea]. Disponible en: www.irena.org
- [32] Ministerio de la mujer y la equidad de género, “TERCER REPORTE DE INDICADORES DE GÉNERO EN LAS EMPRESAS EN CHILE”, 2021. Consultado: el 17 de agosto de 2023. [En línea]. Disponible en: https://minmujeryeg.gob.cl/wp-content/uploads/2022/03/REPORTE_INDICADORES_GENERO_2021_V6_PAGINA.pdf
- [33] R. Cannoni, “Las mujeres toman el volante de la industria automotriz chilena”, La Tercera. Consultado: el 17 de agosto de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://www.latercera.com/mtonline/noticia/mujeres-industria-automotriz-chilena/559868/>
- [34] P. Woods, H. Bustamante, y K. F. Aguey-Zinsou, “The hydrogen economy - Where is the water?”, *Energy Nexus*, vol. 7, sep. 2022, doi: 10.1016/j.nexus.2022.100123.
- [35] Z. Hurwitz, M. Tapia, E. Daza, N. Bujak, y C. Gischler, “Key aspects for managing the environmental and social risks of green hydrogen”. Consultado: el 17 de agosto de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://blogs.iadb.org/sostenibilidad/en/key-aspects-for-managing-the-environmental-and-social-risks-of-green-hydrogen/#:~:text=One%20of%20the%20main%20environmental,could%20exacerbate%20existing%20water%20shortages>.
- [36] A. I. Osman et al., “Hydrogen production, storage, utilisation and environmental impacts: a review”, *Environ Chem Lett*, vol. 20, núm. 1, pp. 153–188, 2022, doi: 10.1007/s10311-021-01322-8.

- [37] Universidad de Chile, “Chile lidera la crisis hídrica en América Latina”. Consultado: el 17 de agosto de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://uchile.cl/noticias/184816/dia-mundial-del-agua-chile-lidera-la-crisis-hidrica-en-america-latina>
- [38] Ministerio de Energía, “Estrategia Nacional de Electromovilidad”, 2021, Consultado: el 17 de agosto de 2023. [En línea]. Disponible en: https://energia.gob.cl/sites/default/files/documentos/estrategia_nacional_de_electromovilidad_2021_0.pdf
- [39] Federación Internacional de los Trabajadores del Transporte (ITF), “EL SISTEMA DE BUS DE TRÁNSITO RÁPIDO (BRT) Y LA FORMALIZACIÓN DEL TRANSPORTE PÚBLICO INFORMAL”, 2020. [En línea]. Disponible en: <https://www.ilo.org/dyn/normlex/en/f?p=N>
- [40] Nuestro Transporte Público, “El sistema de bus de tránsito rápido (BRT) y la formalización del transporte público informal - Una guía para la negociación sindical”. [En línea]. Disponible en: https://www.itfglobal.org/sites/default/files/node/page/files/BRT%20negotiating_ES.pdf
- [41] CEPAL, “Qué es un BRT, o la implementación del metrobús en la ciudad de Buenos Aires, Argentina”, *Boletín FAL*, vol. 312, núm. 8, 2012, [En línea]. Disponible en: https://www.cepal.org/sites/default/files/publication/files/36157/FAL-312-WEB_es.pdf
- [42] GEF, GIZ, UNEP, VIVA - Cities for People, y Institute for Transportation & Development Policy, *Guía de Planificación de Sistemas BRT - Autobuses de Tránsito Rápido*. New York, 2010.
- [43] World Resources Institute, “Social, environmental and economic impacts of BRT Systems.” [En línea]. Disponible en: <https://environmentaldocuments.com/embarq/Social-Environmental-Economic-Impacts-BRT-Bus-Rapid-Transit-EMBARQ.pdf>
- [44] Ministerio de Transporte y Comunicaciones, “Tras seis meses de operación, buses eléctricos de Red completan más de 6,5 millones de viajes”. Consultado: el 17 de agosto de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://mtt.gob.cl/archivos/21490#:~:text=Esta%20tecnolog%C3%ADa%20permite%20la%20reducci%C3%B3n%20de%20gases%20contaminantes,60%20toneladas%20de%20di%C3%B3xido%20de%20carbono%20al%20a%C3%B1o.>
- [45] DTP Metropolitano, “Historia del Sistema”, Consultado: el 17 de agosto de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://www.dtpm.cl/index.php/homepage/historia-del-sistema>
- [46] Portal Movilidad, “Foro de inversiones | Día 1: Movilidad sostenible en Chile”, 2023. Consultado: el 17 de agosto de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://www.youtube.com/watch?v=dLOWxnUGiik>
- [47] UNFCCC, “Metodología a gran escala: Proyectos de autobuses de tránsito rápido MECANISMO DE DESARROLLO LIMPIO Ámbito(s) sectorial(es): 07”, 2021. Consultado: el 17 de agosto de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://cdm.unfccc.int/UserManagement/FileStorage/ODC84B1TWGMFUI3XR9V7AZ52E06HKY>
- [48] Transecto, “Buses de tránsito rápido (BRT): Priorizando el transporte público”. Consultado: el 17 de agosto de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://transecto.com/2021/02/buses-de-transito-rapido-brt-priorizando-el-transporte-publico/>

- [49] ITDP, “Guía de Planificación BRT”. Consultado: el 17 de agosto de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://brtguide.itdp.org/branch/master/guide/infrastructure-management-and-costing/infrastructure-design-process>
- [50] N. Lara, “Encuesta OCAC revela que más del 90% de las mujeres ha sufrido acoso en el transporte público”, <https://www.elciudadano.com/chile/encuesta-ocac-revela-que-mas-del-90-de-las-mujeres-ha-sufrido-acoso-en-el-transporte-publico/05/25/>.
- [51] I. Granada et al., “Movilidad del Cuidado: En el porqué de la relación entre género y transporte”, 2016.
- [52] A. Vera y B. Reyes, “El trabajo doméstico no remunerado: Expresión de Desigualdad y Precariedad”, en *3er congreso internacional sobre Desigualdad Social, Educativa y Precarización en el Siglo XXI*, 2018, pp. 1–14.
- [53] OECD, “1. Brechas de género en Chile: Una comparación internacional y subnacional”, en *Igualdad de género en Chile Hacia una mejor distribución del trabajo remunerado y no remunerado*, 2021, pp. 1–85.
- [54] E. Malagón, “Sistemas de almacenamiento de energía”, 2021, Consultado: el 30 de agosto de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://blogs.iadb.org/energia/es/sistemas-de-almacenamiento-de-energia-descarbonizacion/>
- [55] ENEL, “¿Qué es el almacenamiento de energía?”, 2023, Consultado: el 30 de agosto de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://corporate.enelx.com/es/question-and-answers/what-is-battery-energy-storage>

Anexos

Anexo 1. Metodología BAEF

La metodología desarrollada para identificar dichas barreras y desarrollar medidas para superarlas se basó en las recomendaciones del documento *Overcoming Barriers to the Transfer and Diffusion of Climate Technologies*. Esta metodología fue modificada en base al contexto nacional distinguiéndose finalmente 4 etapas:

- Identificación de todas las posibles barreras a través de encuestas bibliográficas y lluvias de ideas en un taller virtual con el grupo técnico de silvoagropecuario (ver Box 1).
- Revisión de la lista general de barreras para seleccionar las más esenciales en un taller virtual con el grupo técnico de silvoagropecuario (ver Box 1).
- Descomposición de las barreras esenciales seleccionadas en un análisis de causa – efecto.
- Desarrollo de medidas para superar las barreras traduciendo las barreras en soluciones

Figura 6. Metodología del BAEF



Fuente: Elaboración propia.

Box 1. Metodología de dinámicas participativas en el proceso BAEF

El proceso fue llevado a cabo en 2 dinámicas: la validación de las barreras transversales y de cada tecnología, en un taller participativo (Cuarto grupo de trabajo sectorial) con el uso de la plataforma Mural y la clasificación de las barreras esenciales mediante un proceso asincrónico con el uso de una Hoja de Cálculo compartida con los actores claves. A continuación, se explica cada proceso.

- **Dinámica 1. Validación de barreras:** se expusieron las barreras identificadas a partir de revisión bibliográfica para que su validación a cargo de los miembros del grupo técnico. La pregunta realizada fue si la barrera o brecha existente debería mantenerse, modificarse o quitarse. También, se agregaron nuevas barreras al tablero en el que se estaba trabajando. Este proceso se realizó para las barreras transversales y de cada tecnología.

Barreras transversales relacionadas a la gestión de información climática del sector silvoagropecuario

	Mantener	Agregar	Quitar
<p>Baja integración pública - privada que dificulta el desarrollo de estudios de innovación y la implementación de nuevas tecnologías en el sector</p> <p>Escasez de fondos públicos y apoyo financiero para la investigación (también desinvestición)</p> <p>Falta de coordinación sobre a dónde se orientan los fondos entre las instituciones</p> <p>Bajas niveles de capacitación y capacitación en la institución biológica del sector, sobre cómo usar la información y qué significa</p> <p>La información agroclimática disponible, requiere de análisis técnicos de un especialista para la generación de recomendaciones útiles</p> <p>Problemas de manejo de datos e información que pueden generar percepciones del cual falsedad hacia tecnologías asociadas a la agricultura 4.0</p>	<p>Existencia de brechas educativas y económicas que afectan a los usuarios, especialmente en zonas rurales</p> <p>Falta de canales adecuados para el acceso a la información y capacitación</p> <p>No hay un espacio adecuado para el desarrollo de la innovación (C)</p>	<p>Existencia de brechas educativas y económicas que afectan a los usuarios, especialmente en zonas rurales</p> <p>Falta de canales adecuados para el acceso a la información y capacitación</p> <p>No hay un espacio adecuado para el desarrollo de la innovación (C)</p>	
<p>Problemas de empleo por automatización y digitalización, lo que puede afectar la adopción y difusión de la tecnología por el impacto sobre la agricultura familiar</p> <p>Disponibilidad de especialistas en las técnicas digitales entre las instituciones científicas y rurales, de no existir una red en la difusibilidad de estos a TICs</p> <p>Limitación en el uso y adaptación de tecnologías por parte de las mujeres en zonas rurales por cuenta de actividades de género</p> <p>Menor proporción de mujeres en el mercado laboral agrícola formal</p> <p>Las actividades laborales y el rol de la mujer en la zona rural son discriminatorias al momento de acceder a los bienes del hogar</p>			

- Dinámica 2. Identificación de barreras esenciales (o categorización).** Los miembros de cada mesa de trabajo sectorial asignaron el nivel de importancia a cada una de las barreras validadas en la anterior dinámica. Para ello, se cada barrera fue categorizada como crucial, importante o poco esencial, de acuerdo con la importancia y prioridad que se le asignaba, como se indica a continuación:

Clasificación	Descripción	Puntuación
Barrera crucial	Son aquellas que, si no son superadas, la tecnología no será implementada.	3
Barrera importante	Pueden generar retrasos en la introducción de la tecnología.	2
Barrera poco esencial	El tipo de barreras que no ponen en riesgo la implementación de la tecnológica. Sin embargo, la superación de estas barreras facilita y potencializa el proceso, incrementando las posibilidades de éxito.	1

A	B	C	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
Barreras transversales Información silvo y agroclimática			Puede										
Tipo de barrera			Angélica Espinoza		Fernando Santibáñez		Felipe de La Hoz		Ricardo Adonis				
Barreras transversales			Justificación	Nivel de importancia que le asigna	¿Válida esta barrera?	Justificación	Nivel de importancia que le asigna	¿Válida esta barrera?	Justificación	Nivel de importancia que le asigna	¿Válida esta barrera?	Justificación	Nivel de importancia que le asigna
6	Económica - financiero	Baja integración pública - privada que dificulta el desarrollo de estudios de innovación y la implementación de nuevas tecnologías en el sector		Crucial	Modif.	No existen muchas instancias de integración público - privado y cuando las hay no son muy efectivas	Importa.	Modif.		Importante	Modif.	La integración pública - privada existe y se da en distintas instancias de sea en actividades de difusión, Correcto. En este sentido, falta diálogo público - privado respecto de la orientación de los fondos para la investigación. Solo para estudios e investigaciones al respecto, pero para que el sector transformado sea claro que los encargados de la tecnología han sido los líderes que transformaron el sector climático. Es claro que los datos de la Dirección Meteorológica de	Importa
7	Económica - financiero	Falta de coordinación sobre a dónde se orientan los fondos con las necesidades		Importante	Modif.	Los fondos se focalizan a veces en muchas consultoras y se apoyan en actores intrasectoriales	Importa.	Modif.		Importante	Modif.	No hay fondos para la investigación. Solo para estudios e investigaciones al respecto, pero para que el sector transformado sea claro que los encargados de la tecnología han sido los líderes que transformaron el sector climático. Es claro que los datos de la Dirección Meteorológica de	Importa
8	Económica - financiero	Escasez de fondos públicos y apoyo financiero para la investigación (también desinvestición)		Importante	Modif.	Falta de preparación de los encargados	Crucial	Modif.		Importante	Modif.	Es correcto lo señalado y eso es así, porque depende de cómo cultivo. Sin embargo las redes de instituciones entregan información - información en forma de datos, conocer el uso de la info clim en comercial, pero que el cultivo	Crucial
9	Institucionales, políticas y regulatorias	Falta de claridad sobre quienes son los encargados de liderar la transformación tecnológica del sector		Poco esencial	Modif.		Crucial	Modif.		Crucial	Modif.	Lo señalado ha sido siempre así. Si la implementación de	Poco es
10	Institucionales, políticas y regulatorias	[Nuevo] Falta de claridad/gobernanza de quién debe emitir la alerta (ej. de eventos extremos) - responsabilidad		Poco esencial	Quitar		Poco esal.	Modif.		Crucial	Quitar		Poco es
11	Institucionales, políticas y regulatorias	[Nuevo] No hay un sistema establecido dentro de la institución para la respuesta (C)	Existen los sistemas / normas. El tema en específico cuando no está en el sistema.	Poco esencial	Modif.	no estar preparado para	Importa.	Modif.		Importante			
12	Técnicas y de capacidades	La información agroclimática disponible, requiere de análisis técnicos de un especialista para la generación de recomendaciones útiles al agricultor	Lenguaje muy científico para los agricultores/familiares	Crucial	Modif.	a agregación de valor en la	Crucial	Modif.		Crucial	Modif.		Importa
13	Técnicas y de capacidades	Bajas niveles de capacitación y capacitación en la institución biológica del sector, sobre cómo usar la información y qué significa		Crucial	Modif.	Se requiere más capacitación de los agricultores	Crucial	Modif.		Crucial	Modif.		Importa
14	Técnicas y de capacidades	Tiempo y esfuerzo que se requiere para la implementación de											

El proceso de clasificación de barreras se realizó asincrónicamente (en un plazo de 2 semanas) en una Hoja de Cálculo compartida con los y las miembros del grupo de trabajo enviada vía correo electrónico, por lo cual, el trabajo se realizó de forma individual. Los resultados finales de dicha categorización se realizaron mediante promedio aritmético y se consideraron solo las instituciones que participaron.

A continuación, se mencionan las instituciones que participaron en las dinámicas del cuarto grupo de trabajo del sector SAP.

Taller 4/05/23	Hoja de Cálculo
<ul style="list-style-type: none"> Oficina de Estudios y Políticas Agrarias (ODEPA) Universidad de Chile Fundación para el Desarrollo Frutícola (FDF) Corporación Nacional Forestal (CONAF) Instituto Forestal de Chile (INFOR) 	<ul style="list-style-type: none"> Fundación para el Desarrollo Frutícola (FDF) Instituto Nacional e Investigación Agropecuaria (INIA) Centro de Recursos Hídricos para la Agricultura y la Minería (CRHIAM) Oficina de Estudios y Políticas Agrarias (ODEPA)

Finalmente, tras sistematizar los resultados del taller y el archivo enviado, se llevó a cabo una reunión virtual con la representante de la Oficina de Estudios y Políticas Agrarias (ODEPA), Angélica Espinoza, con quien se validaron los resultados finalmente obtenidos en el proceso participativo.

Anexo 2. Esquema causa – efecto

Figura 7. Esquema causa – efecto de las barreras y/o brechas existentes para la inserción de almacenamiento de energía de corta y larga duración

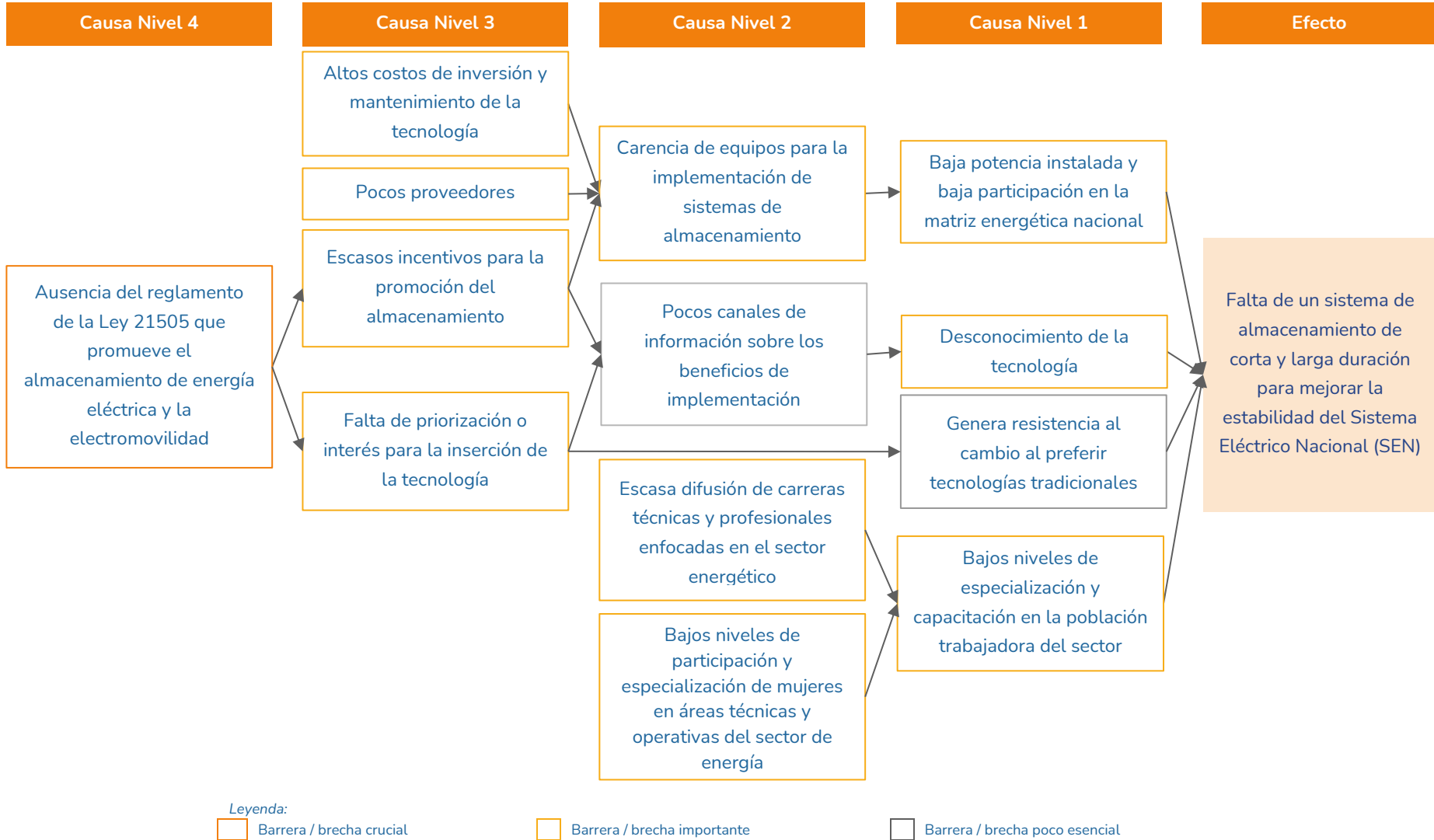
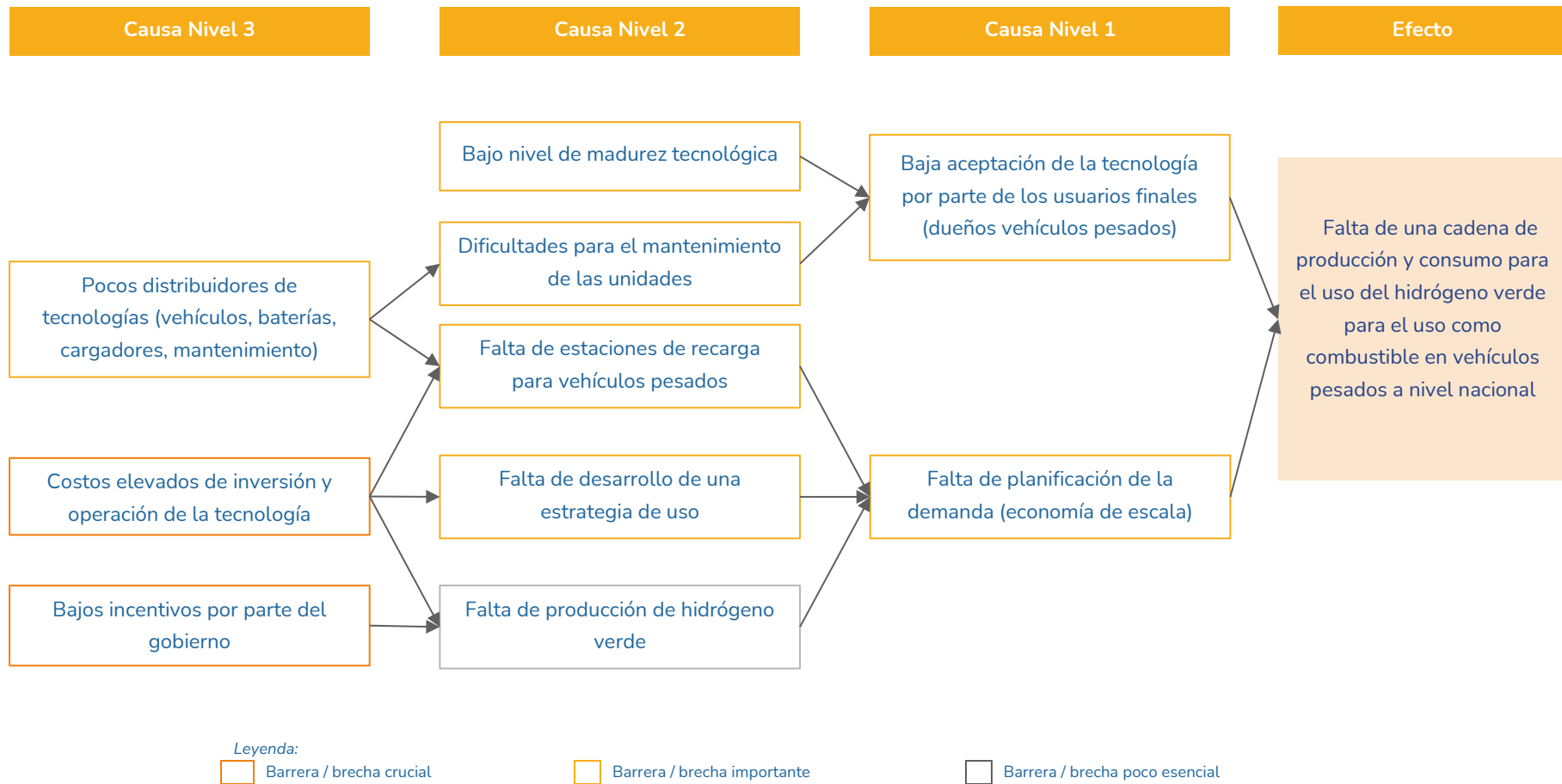
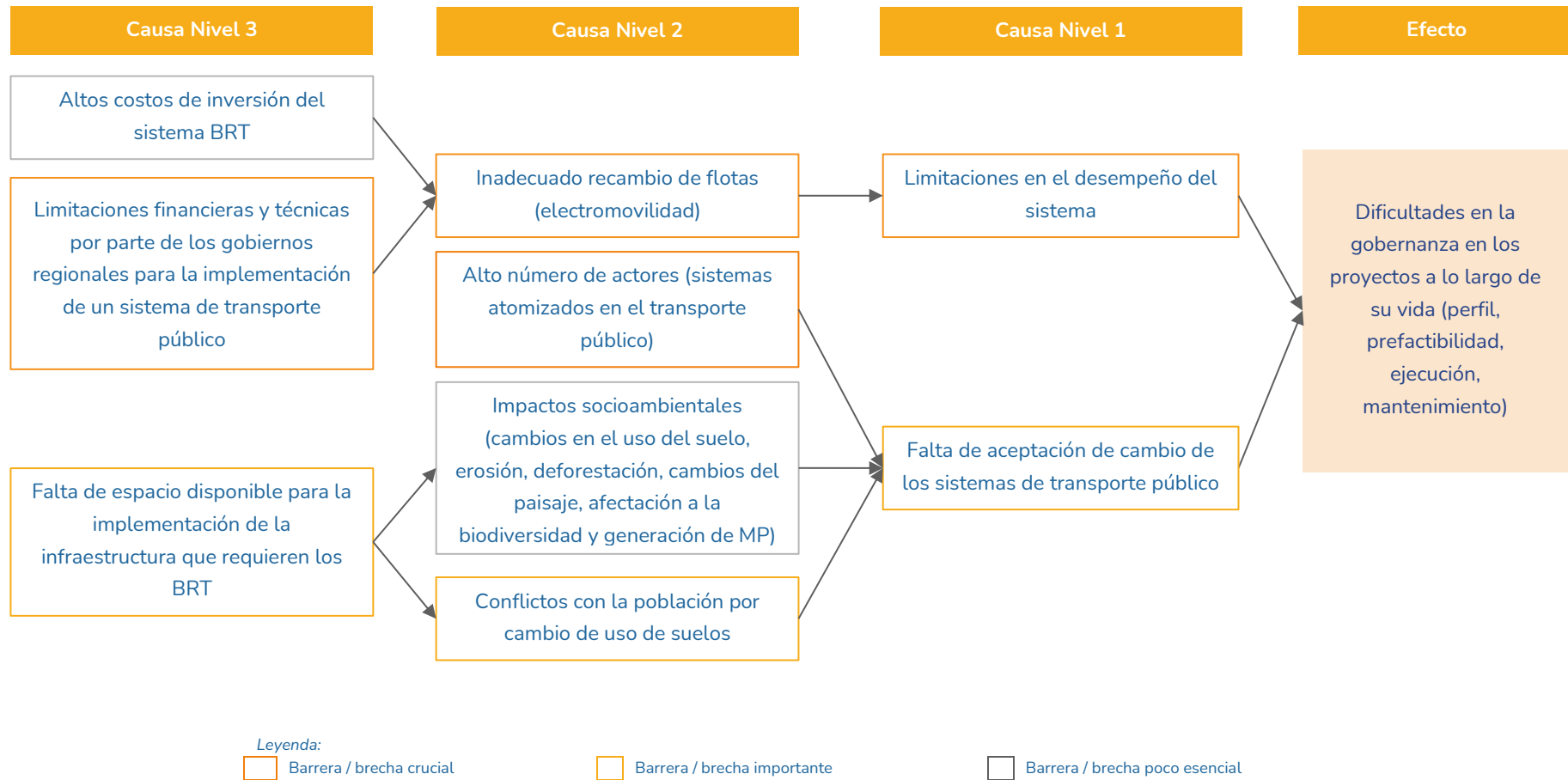


Figura 8. Esquema causa – efecto de las barreras y/o brechas existentes para la inserción de hidrógeno verde para vehículos pesados de carga



Fuente: Elaboración propia

Figura 9. Esquema causa – efecto de las barreras y/o brechas existentes para la inserción del sistema de autobús de tránsito rápido (BRT) con electromovilidad



Fuente: Elaboración propia.