GREEN CLIMATE FUND

move
MOVILIDAD ELÉCTRICA
LATINOAMÉRICA Y EL CARIBE

ONU
programa para el medio ambiente



Avanzando con un enfoque regional hacia la movilidad eléctrica en América Latina

Entregable Nº1: Línea de base nacional y evaluación de oportunidades, desafíos y necesidades de tecnología de la movilidad eléctrica

País: Argentina

Fecha: Versión 1. 01/02/2021; Versión 2. 08/03/2021; Versión 3. 25-03-2021

Consultores: Leonardo Iannuzzi, Pedro Scarpinelli



Presidencia de la Nación

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible Argentina
Secretaria de Cambio Climático Innovación y Desarrollo Sostenible.
Dirección de Cambio Climático.

Ministerio de Transporte Argentina
Dirección de Impacto Ambiental en el Transporte.

Ministerio de Desarrollo Productivo Argentina
Dirección de Industria Sostenible.
Dirección de Asuntos Estratégicos.

Ministerio de Economía Argentina
Secretaria de Energía.
Dirección de Escenarios y Evaluación de Proyectos Energéticos.

Tabla de contenido

Tabla de contenido 2
Tabla de Ilustraciones 5
Tabla de Tablas 5
Tabla de Gráficos 7
Listado de Anexos 8
Acrónimos, siglas y abreviaturas 9
Resumen ejecutivo 12
1. Introducción 14
1.1. Marco del proyecto 14
1.2. Marco institucional 16
Objetivo del proyecto en Argentina 18
Alcance local del proyecto 19
1.3. Compromiso global con el medio ambiente 20
Compromiso nacional con el medio ambiente 20
Marco del Gabinete Nacional de Cambio Climático de Argentina 21
Contribuciones nacionales declaradas y plan sectorial transporte 23
1.4. Foco de la movilidad eléctrica 24
1.5. Análisis de flota 24
Tipología de vehículos sugeridos para la ME en Argentina 25
1.6. Impacto en la energía de la ME 26
1.7. Escenarios preliminares de ME en Argentina 26
ME en Argentina al 2020 26
Escenarios preliminares de penetración de ME en Argentina 29
2. Línea de base nacional 35
2.1 Inventario y oferta de bienes a nivel nacional 35
Detalle de flota del transporte automotor terrestre 35
Motocicletas 36
Automóviles particulares y de alquiler con chofer (taxis, remises) 37
Utilitarios particulares y de carga 38
Camiones livianos y pesados 38
Servicios de transporte colectivo de pasajeros 38
2.2 Movilidad eléctrica-vehículos eléctricos 39

Ventas 2020 39
Ventas eléctricos e híbridos 2020 40
Incentivos y cupos disponibles para vehículos y cargadores eléctricos 40
2.3 Inventario de cargadores 42
La interoperabilidad de las estaciones de carga de VE 46
La disposición de las baterías de los VE al final de su vida útil bajo criterios de economía circular 46
2.4 Suministro de hidrógeno 46
Aspectos tecnológicos para considerar la transición al hidrógeno en el transporte 46
Tecnologías para la producción del hidrógeno a nivel mundial 47
Abastecimiento de hidrógeno 48
2.5 Inventario de proyectos 49
Mendoza 49
CABA 50
Santa Fe 52
Neuquén 53
Jujuy 53
Asociaciones a nivel nacional 54
3. Objetivos establecidos de ME 56
3.1 Escenarios de ME elegidos en Argentina para 2030 56
3.2 Estimación de impactos de los objetivos establecidos 63
Impacto en las emisiones GEI y en la energía 63
Impacto en las emisiones y en la salud 69
Estimación de beneficios en salud 70
Resultados en las emisiones y en salud 72
Impactos económicos, fiscales y en el empleo 73
Impactos económicos 74
Penetración de autos eléctricos 74
Consumo energético 74
Impacto en el PBI 75
Impacto laboral 79
Empleo en la industria automotriz 79
Empleos de industrias encadenadas 81
Impacto fiscal 82

Beneficios arancelarios 83
Comparativo de consumo de combustibles 84
Subsidio eléctrico 87
Resultados del impacto fiscal 87
Consideraciones finales sobre el impacto fiscal 90
Impactos en la innovación 91
Caso 1: Creación del consorcio H2Ar 91
Caso 2: Creación de la Mesa del Litio 91
Caso 3: Investigación analítica sobre hidrógeno verde para buses 92
4. Desafios y oportunidades para la realización del objetivo 93
4.1 Desafíos del transporte público y contexto de crisis sanitaria y económica. Incertidumbre global 93
4.2 Recuperación económica verde. En línea con acuerdo de París y NDC. Potencial de ME limpia 95
Evitar - Cambiar - Mejorar 96
4.3 Litio en Argentina 96
La industrialización del litio 98
4.4 Difusión, escalamiento y replicación del proyecto JEMSE-SERI y políticas que apoyen la industria local de BIL 99
4.5 El potencial de producción de hidrógeno verde en Argentina 100
4.6 Comparación entre combustibles fósiles líquidos convencionales, biocombustibles, gas natural comprimido y gas natural licuado 101
Contexto 102
Criterios y herramientas 104
5. Conclusiones y recomendaciones 108
5.1 Sobre los impactos de la ME en Argentina 108
Niveles de penetración de la ME en Argentina 109
Impactos en la reducción de emisiones GEI 111
Impacto en la demanda incremental de energía eléctrica 111
Impacto en la salud y muertes evitadas por la reducción de la contaminación atmosférica de vehículos de combustión interna 112
Impacto en la economía y el empleo 112
Impacto en la economía 113
Impacto en el empleo 114
Impacto fiscal 116

5.2 Hojas de ruta para la ME en Argentina 117
5.3 Recomendaciones 117
Recomendaciones para la estandarización de proyecciones 118
Recomendaciones para la ampliación de estudios 119
5.4 Próximos pasos del proyecto 120
Referencias 122

Tabla de Ilustraciones

Ilustración 1 Los 17 objetivos del desarrollo sostenible 14
Ilustración 2 Equipo PNUMA de la oficina regional para América Latina y el Caribe 17
Ilustración 3 Tipos de ME para el presente entregable 20
Ilustración 4 Esquema de gobernanza del GNCC 22
Ilustración 5 Automóvil Club Argentino Godoy Cruz 3111 Palermo 43
Ilustración 6 Rutas y alternativas tecnológicas para la producción de hidrógeno a gran escala 48
Ilustración 7 Alternativas tecnológicas para la producción, transporte y suministro del hidrógeno a gran escala para buses. Estudio del NBF Project de la Unión Europea 48
Ilustración 8 Cadena de servicios con posibilidad de empleos 82
Ilustración 9 Riesgos de infección en relación al modo de transporte 95
Ilustración 10 Avoided carbon pricing para la descarbonización en el transporte de buses. Costo del lado de la oferta de combustible, para un factor de emisión de la red eléctrica argentina de 0,4 kg CO_{2eq}/kWh 105
Ilustración 11 Avoided carbon pricing para la descarbonización en el transporte de buses. Costo del lado de la oferta de combustible, para un factor de emisión de la red eléctrica argentina de 0,1 kg CO_{2eq}/kWh 106

Tabla de Tablas

Tabla 1 Tipología de vehículos adaptada y agrupada del estudio de FLOTA-PMR-Banco Mundial 2020, para las proyecciones y escenarios de ME de Argentina 26
Tabla 2 Patentamiento de vehículos eléctricos por modelos en unidades. Años 2019 y 2020 27
Tabla 3 Resumen de escenarios analizados para la estimación de impactos de la ME en Argentina 31

Tabla 4 Evolución del parque automotor terrestre al año 2030 y al año 2050 33

Tabla 5 Escenarios de penetración de ME y las unidades involucradas en cada una de las tipologías o categorías de vehículos consideradas 34

Tabla 6 Inventario sector transporte automotor. En unidades según tipología o categoría de vehículos. Año 2019 35

Tabla 7 Inscripciones iniciales de motocicletas. Período 2010-2019 37

Tabla 8 Flota de vehículos 100% eléctricos y eléctricos no enchufables 39

Tabla 9 Distribución de cupos y solicitudes entre julio 2018 y enero 2020 41

Tabla 10 Primer cupo 2021 de 500 unidades para vehículos eléctricos e híbridos importados 41

Tabla 11 Inventario de cargadores en Argentina 42

Tabla 12 Evolución estimada del total del parque automotor terrestre de Argentina entre los años 2020 y 2030 57

Tabla 13 Evolución anual discreta de vehículos eléctricos con un escenario de 0,5% de penetración acumulados entre 2020-2030 del total del parque automotor 59

Tabla 14 Evolución anual discreta de vehículos eléctricos con un escenario de 1% de penetración acumulados entre 2020-2030 del total del parque automotor. 60

Tabla 15 Evolución anual discreta de vehículos eléctricos con un escenario de 5% de penetración acumulados entre 2020-2030 del total del parque automotor 61

Tabla 16 cantidad total de vehículos eléctricos estimados acumulados entre 2020-2030, según los 3 escenarios de penetración de movilidad eléctrica elegidos 62

Tabla 17 Escenarios de penetración de vehículos eléctricos. Consolidado energía eléctrica demandada en el punto de consumo y emisiones GEI evitadas 67

Tabla 18 Tipología de vehículos del estudio de flota-PMR-Banco Mundial y tipología de vehículos definida por el modelo de impacto en salud del Clean Air Institute de 2019 71

Tabla 19 Contaminantes adoptados por el modelo de emisiones e impacto en la salud del Clean Air Institute de 2019 71

Tabla 20 Reducción de emisiones acumulada de los contaminantes analizados por el uso de la ME (Toneladas). 72

Tabla 21 Consumo energético promedio autos eléctricos (Kwh) 75

Tabla 22 Consumo energético promedio de la demanda eléctrica para producir hidrógeno para vehículos de celdas de combustible a Hidrógeno (kWh) 75

Tabla 23 Tasas arancelarias para vehículos 83

Tabla 24 Consumo equivalente anual de combustibles 85

Tabla 25 Porcentaje de parque desplazado por tipo de combustible fósil 86

Tabla 26 Precio de combustibles fósiles 86

Tabla 27 Tasas impositivas de combustibles a automóviles 87

Tabla 28 Tarifas medias de electricidad 87
Tabla 29 Producción de hidrógeno en Argentina y sus diversos usos en el año 2010 101

Tabla de Gráficos

Gráfico 1 Evolución de la ME de Argentina. Años 2019 Y 2020 27
Gráfico 2 Diferencial de costos por tecnología de la evaluación de factibilidad financiera en escenarios de base 51
Gráfico 3 Rampa de incorporación de vehículos eléctricos en un escenario dado 58
Gráfico 4 Distribución de la energía eléctrica demandada para el escenario de penetración de ME del 5% del total del parque automotor al 2030 68
Gráfico 5 Distribución de las emisiones GEI evitadas debido al escenario de penetración de ME del 5% del total del parque automotor al 2030 68
Gráfico 6 Reducción de emisiones vehiculares de material particulado proyectado a 2050. Ejemplo para la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, para cada año hasta 2050. 73
Gráfico 7 PBI nominal anual generado por la ME (0,5%) 76
Gráfico 8 PBI nominal anual generado por la ME (1%) 76
Gráfico 9 PBI nominal anual generado por la ME (5%) 77
Gráfico 10 PBI nominal generado por tipo de vehículo (0,5%) 78
Gráfico 11 PBI nominal generado por industria (0,5%) 79
Gráfico 12 Correlación entre ventas y personal ocupado en el sector automotriz 80
Gráfico 13 Unidades vendidas respecto al personal ocupado 80
Gráfico 14 Estimaciones tendenciales de producción automotriz 81
Gráfico 15 Carga impositiva de autos importados 83
Gráfico 16 Carga impositiva de autos importados eléctricos 84
Gráfico 17 Reducción de recursos fiscales (0,5%) – valores discretos 88
Gráfico 18 Reducción de recursos fiscales (1%) – valores discretos 88
Gráfico 19 Reducción de recursos fiscales (5%) – valores discretos 88
Gráfico 20 Reducción de recursos fiscales por tipo de política pública para escenario de 0,5% 89
Gráfico 21 Reducción de recursos fiscales por tipo de vehículo 90
Gráfico 22 Cruce de valores acumulados resultantes al 2030 90
Gráfico 23 Demanda de baterias 97
Gráfico 24 Impacto en el PBI del consolidado de los escenarios de ME analizados 114
Gráfico 25 Impacto en el empleo del consolidado de los escenarios de ME analizados 115

Gráfico 26 Estimaciones tendenciales de producción automotriz 115
Gráfico 27 Impacto fiscal 116

Listado de Anexos

Anexo 1A Modelo de Cálculo de Impacto en Emisiones GEI y Energía-Metodología de Cálculo

Anexo 1B Modelo de Cálculo de Impacto en Emisiones GEI-Energía 1

Anexo 2A Modelo de Impacto en Emisiones GEI y Energía. e-MOVE adaptado de Naciones Unidas-Metodología de Cálculo

Anexo 2B Modelo de Cálculo de Impacto en Emisiones GEI y Energía. e-MOVE adaptado de Naciones Unidas

Anexo 3A Modelo de Impacto en Emisiones y Salud -Metodología de Cálculo del Clean Air Institute

Anexo 3B Modelo de Cálculo en Impacto en Emisiones y Salud-Modelo del Clean Air Institute adaptado

Anexo 4A Metodología de Cálculo de Impacto en Economía-Fiscal-Empleo

Anexo 4B Modelo de Cálculo de Impacto en Economía-Fiscal-Empleo

Anexo 5 Presentación en PPT de los Resultados del Entregable 1

Acrónimos, siglas y abreviaturas

- **AAVEA:** Asociación Argentina de Vehículos Eléctricos y Alternativos
- **AC**: *Alternating current induction motor*
- **ACARA**: Asociación de Concesionarios de Automotores de la República Argentina
- **ADEFA:** Asociación de Fabricantes Automotores
- **ADIF:** Administración de Infraestructuras Ferroviarias Sociedad del Estado
- **AFIP:** Administración Federal de Ingresos Públicos
- **ALC-LAC:** América Latina y el Caribe, Latinoamérica y Caribe
- **AMBA:** Área Metropolitana de Buenos Aires
- **BID:** Banco Interamericano de Desarrollo
- **BIL:** baterías de ion-litio (*battery ion-lithium*)
- **BRT:** *Bus Rapid Transit* / Buses de Tránsito Rápido
- **BUR:** *Biennial Update Report* / Informe Bienal de Actualización
- **CABA:** Ciudad Autónoma de Buenos Aires
- **CAF:** Banco para el Desarrollo de América Latina
- **CAI:** *Clean Air Institute*
- **CCA**: Cámara del Comercio Automotor
- **CIRA**: Cámara de Importadores de la República Argentina
- **CMNUCC:** Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático
- **COFEMA:** Consejo Federal de Medio Ambiente
- **COP:** Conferencia de las Partes
- **DNCC:** Dirección Nacional de Cambio Climático
- **DNRPA:** Dirección Nacional Del Registro De Propiedad Automotor
- **DNV:** Dirección Nacional de Vialidad
- **GEI:** Gases de Efecto Invernadero
- **GCF:** *Green Climate Found*
- **GNCC:** Gabinete Nacional de Cambio Climático

- **INDC:** *Intended Nationally Determined Contributions* / Contribución Prevista y Determinada a Nivel Nacional
- **INDEC:** Instituto Nacional de Estadística y Censos
- **INFOLEG:** Portal de Información Legislativa y Documental del Ministerio de Justicia y Derechos Humanos de la Nación
- **INGEI:** Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero
- **IPCC:** *Intergovernmental Panel on Climate Change* / Panel Intergubernamental de Cambio Climático
- **IPMSM:** *Interior permanent magnet synchonous motor*
- **IRAM:** Instituto Argentino de Normalización y Certificación
- **LCE:** *Lithium Carbonate Equivalent* / Carbonato de Litio Equivalente
- **MAyDS:** Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sustentable
- **ME:** Movilidad Eléctrica
- **MDL:** Mecanismo para un Desarrollo Limpio
- **Mercosur:** Mercado Común del Sur
- **MPK:** *Miles per kilogram*
- **MTEySS:** Ministerio de Trabajo, Empleo y Seguridad Social
- **NDC:** *Nationally Determined Contributions* / Contribuciones Determinadas a Nivel Nacional
- **NEA:** Noreste Argentino
- **NOA:** Noroeste Argentino
- **ODS:** Objetivos De Desarrollo Sustentable
- **OMS** Organización Mundial de la Salud (WHO por sus siglas en inglés)
- **ONDaT:** Observatorio Nacional de Datos de Transporte
- **ONG:** Organización No Gubernamental
- **ONU:** Organización de las Naciones Unidas
- **PANTyCC:** Plan de Acción Nacional de Transporte y Cambio Climático
- **PEC:** Programa de Eficiencia en el Consumo de Combustible
- **PBI:** Producto Bruto Interno

- **PMEA:** Penetración de Movilidad Eléctrica en Argentina
- **PMSM:** *Permanent magnet synchronous motor*
- **PNA:** Plan Nacional de Adaptación
- **PNT:** Plan Nacional de Transporte
- **PNUD:** Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo
- **PPP:** Participación Público Privada
- **PTI:** Programa Transporte Inteligente
- **RER:** Red de Expresos Regionales
- **TAT:** Transporte Automotor Terrestre
- **TMDA:** Tránsito Medio Diario Anual
- **ULEV:** *Ultra Low Emission Vehicle* / Vehículo de Emisiones Ultra Bajas
- **VE:** Vehículo Eléctrico
- **WB PMR:** World Bank, Partnership for Market Readiness Project Argentina

Resumen ejecutivo

Este documento integra los lineamientos de trabajo y coordinación básicos del proyecto GCF Readiness *GCF Avanzando con un enfoque regional hacia la movilidad eléctrica en América Latina* del Fondo Verde del Clima, implementado por el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, promoviendo y apoyando a los países a establecer, desarrollar y mejorar el marco habilitante de manera conjunta.

Los objetivos de Movilidad Eléctrica (ME) buscan reducir los contaminantes generados por el uso de combustibles fósiles en transporte terrestre, a través de alternativas más limpias, descontaminantes o descarbonizantes, mediante el reemplazo y uso de vehículos más sustentables con bajo o cero emisiones contaminantes.

Para alcanzar esos objetivos, en una primera instancia se plantea una introducción que presenta el marco del proyecto y sus objetivos generales en Argentina, país que tiene un compromiso global con el medioambiente, mediante la creación e institucionalización de un Gabinete de Cambio Climático y el Grupo de Trabajo de Transporte, que hacen visible el interés sobre la movilidad eléctrica.

Esta mesa de transporte y cambio climático se conforma principalmente por las siguientes direcciones nacionales: Dirección de Impacto Ambiental y Transporte, dependiente del Ministerio de Transporte; Dirección de Cambio Climático y Secretaría de Cambio Climático, Innovación y Desarrollo Sostenible, dependientes del Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible; Dirección de Industria Sostenible y Dirección de Asuntos Estratégicos, dependientes ambas del Ministerio de Desarrollo Productivo y Dirección de Escenarios y Evaluación de Proyectos Energéticos, dependiente de la Secretaría de Energía y el Ministerio de Economía y Hacienda.

Este primer entregable aborda varias tecnologías de ME, que se encuentran en desarrollo e implementación práctica en diversos países de la región, presentando cada una de ellas características propias que fueron estudiadas y tomadas en cuenta al momento de integrar información y proyectar escenarios de penetración para nuestro país.

Esto se refleja en un análisis que compila e integra información, antes dispersa, sobre la flota del transporte terrestre automotor y el relevamiento del inventario de oferta de bienes. Esto permitió desarrollar un análisis del impacto de diversos escenarios de penetración de la movilidad eléctrica en las siguientes áreas de análisis:

- el transporte automotor terrestre
- la demanda de energía eléctrica
- las emisiones de gases de efecto invernadero evitadas
- la salud humana a partir de las muertes evitadas por la reducción de la contaminación
- la generación de empleo
- la economía en términos de PBI
- el impacto fiscal

En segundo lugar, para el análisis macro de los impactos de la penetración de la movilidad eléctrica en Argentina, se utilizaron tres herramientas de modelación, dos de Naciones Unidas (de acceso público, disponibles en las páginas web) y una desarrollada por el equipo de consultores, con el fin de alcanzar resultados consistentes y convergentes, para las necesidades y expectativas de los diferentes actores institucionales en el Ejecutivo Nacional de Cambio Climático, organismo que tiene injerencia en la discusión de políticas públicas sobre ME en Argentina.

La cantidad total de escenarios preliminares de penetración de ME con diversas alternativas tecnológicas analizados fue de seis. Estos plantean entre un mínimo de 0,5% a un máximo de 30% de penetración de vehículos eléctricos en el total de la flota de transporte automotor proyectado al 2030. Sobre dichos seis escenarios, se llevaron a cabo reuniones entre los consultores y los actores gubernamentales del Gabinete Nacional de Cambio Climático, tras las cuales se eligieron los escenarios de 0,5%, 1% y 5%, tomando en cuenta el criterio de un mínimo nivel deseable de emisiones GEI evitadas entre 2020 al 2030 y una potencial viabilidad de la incorporación de la ME en el contexto productivo y económico de Argentina. Sobre estos tres se realizaron los estudios de impacto de penetración.

El escenario de máxima penetración (5%) de ME implica, de forma preliminar, contar para todas las tipologías o categorías de vehículos con la incorporación del orden de un máximo de 1.000.000 de vehículos eléctricos a baterías, eléctricos híbridos y de celdas de combustible a hidrógeno al año 2030.

Para llegar a esos resultados en el presente trabajo, se desarrollaron diversas reuniones técnicas donde se incorporaron criterios y recomendaciones de los diferentes actores institucionales. La validación final de dichos resultados se espera que sea realizada a partir de los talleres previstos en el presente proyecto con los actores decisorios involucrados.

Los resultados obtenidos servirán de punto de partida para el desarrollo de los tres talleres y entregables restantes que deberán continuar al presente documento, a fin de orientar a las autoridades nacionales para crear el marco que permita definir una política y estrategias para el despliegue masivo de la movilidad eléctrica en Argentina.

Por último, se desarrollan conclusiones y recomendaciones para los futuros pasos del proyecto GCF y su vinculación a la futura Estrategia Nacional de Movilidad Eléctrica en Argentina.

1. Introducción

1.1. Marco del proyecto

Los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) se adoptaron en 2015 como un llamado universal para poner fin a la pobreza, proteger el planeta y garantizar que todas las personas gocen de paz y prosperidad para el año 2030.

Los 17 ODS están integrados, ya que reconocen que las intervenciones en un área afectarán los resultados de otras y que el desarrollo debe equilibrar la sostenibilidad medioambiental, económica y social.

El ODS 13 representa las acciones por el clima y los cambios sufridos en el mundo debido a las emisiones de gases de efecto invernadero, cuyo objetivo es abordar las necesidades de los países en cuanto a adaptación al cambio climático e inversión en el desarrollo bajo en carbono.

Ilustración 1 Los 17 objetivos del desarrollo sostenible



Fuente: Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo

El Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) es la principal autoridad ambiental mundial que establece la agenda ambiental global, promueve la implementación de los principios de desarrollo sostenible dentro del sistema de las Naciones Unidas.

La decisión del Poder Ejecutivo Nacional de adoptar la Agenda 2030 implicó la alineación de metas de ODS con los planes estratégicos y sectoriales de gobierno y su armonización con las iniciativas internacionales. Dentro de esos 17 Objetivos se encuentra el Objetivo 7 que refiere a "*garantizar el acceso a una energía asequible, segura, sostenible y moderna para todos*", del cual la Secretaría de Gobierno de Energía está a cargo del desarrollo y monitoreo, ligando

diferentes ODS, para el mismo objetivo de reducción de emisiones de gases de efectos invernadero y otros contaminantes atmosféricos, marco de sustento donde se inserta la movilidad eléctrica

La Oficina Regional para América Latina y el Caribe del Programa Naciones Unidas para el Medio Ambiente, ubicada en la ciudad de Panamá, colabora estrechamente con los 33 países de la región, incluidos 16 pequeños Estados insulares en desarrollo, atendiendo a una población de aproximadamente 588 millones de personas. La oficina trabaja para satisfacer las necesidades de la región y sus actividades están integradas en los programas de trabajo aprobados por la Asamblea de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente del PNUMA.

La conjunción de organismos y el Acuerdo de París al se que suscribió Argentina, el 5 de noviembre de 2016, es vinculante y define un esquema de gobernanza y monitoreo global para lograr una reducción de las emisiones GEI durante las próximas décadas. Por ello, la movilidad eléctrica se presenta, en muchos casos, como una medida prioritaria para los países de América Latina y el Caribe para descarbonizar el sector de transporte y reducir la dependencia de los combustibles fósiles; sector que es responsable de casi una cuarta parte de las emisiones mundiales de gases de efecto invernadero (GEI) relacionadas con la energía, y está creciendo más rápido que cualquier otro sector de energía de uso final [1]. Se espera que las emisiones de GEI del transporte aumenten casi un 20% para 2030 y cerca del 50% para 2050, a menos que se tomen medidas importantes [1].

Limitar el aumento de la temperatura global a menos de 1.5 grados centígrados requiere cambiar esta trayectoria de emisiones de transporte, lo que implica el desarrollo de un ecosistema integrado de movilidad eléctrica, que abarque varios modos de transporte.

La región de América Latina y el Caribe tiene condiciones favorables para avanzar en el despliegue de la tecnología de movilidad eléctrica, debido al uso intensivo de los autobuses de transporte público y el peso específico del subsector de transporte en la generación de gases de efecto invernadero, lo que ha llevado a que muchos países hayan priorizado al sector de transporte en sus Contribuciones Determinadas. A pesar de los esfuerzos nacionales para promover la movilidad eléctrica, esta tecnología aún se encuentra, en América Latina, en una etapa temprana de adopción y no ha podido aun lograr un despliegue a gran escala.

La relevancia de un enfoque regional ha sido reconocida por los países de la región y evidenciada en las discusiones y decisiones adoptadas en eventos técnicos especializados y foros ministeriales de alto nivel.

Durante la XXI Reunión del Foro de Ministros de Medio Ambiente de América Latina y el Caribe, celebrada en octubre de 2018, en Buenos Aires, Argentina, una de las decisiones tomadas sobre el cambio climático determinó la promoción del desarrollo, la colaboración regional y el intercambio de información sobre estrategias nacionales y regionales, así como la formulación de instrumentos de política pública sobre innovación, tecnologías limpias y transporte urbano sostenible y movilidad.

Teniendo en cuenta el interés común de los países por avanzar en la agenda de movilidad eléctrica, tanto a nivel nacional como regional, y la alineación de esta iniciativa con el marco de resultados del Fondo Verde del Clima (FVC), las Autoridades designadas en 10 países América Latina expresaron interés en explorar las oportunidades de financiamiento del FVC para apoyar los esfuerzos regionales y el intercambio de experiencias en movilidad eléctrica.

En este sentido en diciembre 2019, el proyecto "*Avanzando en un enfoque regional hacia la movilidad eléctrica en América Latina*" fue aprobado por el Fondo Verde para el Clima, mediante el Programa de Apoyo Preparatoria, y fue presentado oficialmente por los ministros de la región durante la Conferencia de las Partes (COP) 25 en Madrid. El Programa de Naciones Unidas, actúa como socio en la ejecución de este proyecto.

El proyecto tiene como objetivo crear las condiciones propicias para fomentar la movilidad eléctrica, mediante el intercambio de experiencias a nivel regional y basado en el aprovechamiento de las economías de escala, que finalicen con la preparación de propuestas de financiamiento que podrían presentarse al FVC y a otras fuentes financieras internacionales para implementar iniciativas de movilidad eléctrica a escala subnacional, nacional, o regional. Este proyecto se está implementando en 14 países de manera paralela, de los cuales Argentina es uno de ellos. Esta consultoría es supervisada por el Coordinador Regional para Cambio Climático del PNUMA.

Así, se busca realizar estudios homogéneos que puedan dar una visión comparativa de los países haciendo al mismo tiempo hincapié en sus condiciones, necesidades y requerimientos de cada país para el desarrollo del proyecto.Todo el trabajo establece conclusiones y referencias regionales, que serán reflejadas en un reporte final, con interacciones realizadas en la plataforma MOVE del PNUMA.

1.2. Marco institucional

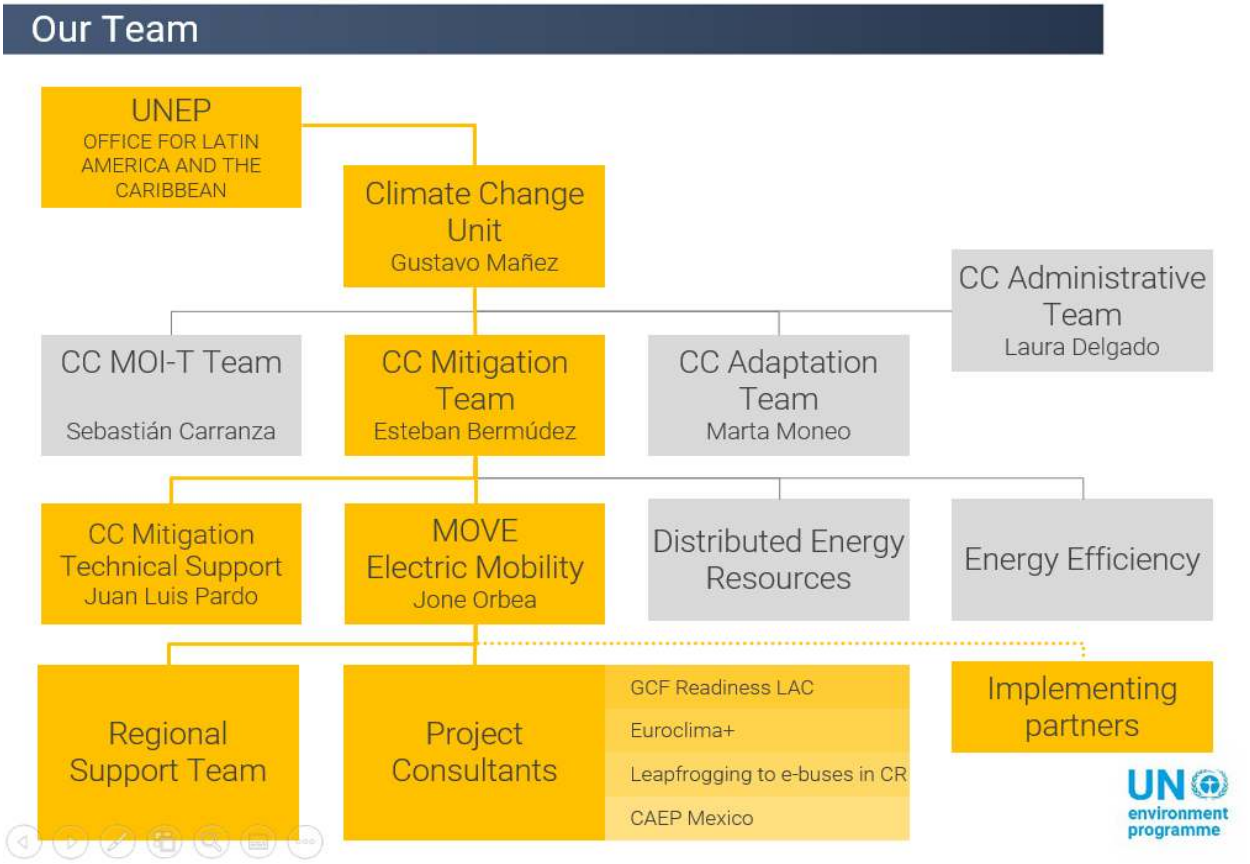
El marco institucional del presente proyecto se encuadra dentro de las siguientes instituciones a nivel de Naciones Unidas y locales de Argentina.

La supervisión general del proyecto *" Avanzando con un enfoque regional hacia la movilidad eléctrica en América Latina"* se encuentra a cargo del Coordinador Regional para Cambio Climático del (PNUMA). Este proyecto, financiado por el Fondo Verde del Clima, tiene como contraparte nacional a la Autoridad Nacional Designada frente a esta institución, el Sr. Leandro Gorgal.

Técnicamente el liderazgo lo lleva el Gabinete Nacional de Cambio Climático dependiente de la Secretaría Nacional de Cambio Climático, Innovación y Desarrollo Sostenible, del Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible Nacional, bajo la Coordinación de la Mesa Nacional de Cambio Climático y Transporte dependiente de la Dirección de Impacto Ambiental del Transporte, del Ministerio de Transporte Nacional.

Dicha mesa de Transporte y Cambio Climático a nivel nacional está conformada por áreas y equipos técnicos de: Secretaría de Energía, Dependiente del Ministerio de Energía y Economía, la Dirección de Industria Sostenible dependiente del Ministerio de Desarrollo Productivo y el Gabinete Nacional de Cambio Climático.

Ilustración 2 Equipo PNUMA de la oficina regional para América Latina y el Caribe



Fuente: GCF

Líder de proyecto en Naciones Unidas:

- Jone Orbea Otazua

Autoridad Nacional designada ante el Fondo Verde del Clima:

- Leandro Gorgal

Autoridad del Gabinete Nacional de Cambio Climático, Secretaría de Cambio Climático, Innovación y Desarrollo Sostenible:

- Rodrigo Rodríguez Tornquist: Secretario de Cambio Climático, Desarrollo Sostenible e Innovación en Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de la Nación.

- Florencia Mitchel: Directora de Cambio Climático, Secretaría de Cambio Climático, Desarrollo Sostenible e Innovación, en Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de la Nación.

Mesa del Gabinete Nacional de Cambio Climático en el Transporte:

- Gustavo Rinaldi: Director de Impacto Ambiental del Transporte, Ministerio de Transporte de la Nación.
- Pablo Kunik: Director de Gestión Productiva de la subsecretaria de industria de la Secretaria de Industria, economía del conocimiento y gestión comercial externa del Ministerio de Desarrollo Productivo.
- Leonardo Mastronardi: Director Nacional de Escenarios y Evaluación de Proyectos Energéticos, Subsecretaría de Planeamiento Energético. Secretaría de Energía de la Nación.

Objetivo del proyecto en Argentina

El objetivo del proyecto es apoyar a los países para establecer, desarrollar y mejorar el marco habilitante para la promoción de la movilidad eléctrica a nivel nacional y regional a través del intercambio de experiencia e información regional.

Este objetivo general se complementa con:

- el fortalecimiento de la capacidad regional para evaluar la tecnología de movilidad eléctrica en el contexto de estrategias más amplias de mitigación del cambio climático
- la identificación y mejora de las políticas públicas y modelos de negocio habilitantes para ampliar la adopción de movilidad eléctrica
- el fortalecimiento de las estrategias de financiamiento climático para facilitar la hoja de ruta nacional hacia la movilidad eléctrica.

La presente consultoría parte de la implementación del proyecto en Argentina, que apoya la aceleración del despliegue de la movilidad eléctrica en el país, para contribuir a la descarbonización del subsector transporte en el período 2020 al 2030 y facilitar la carbono neutralidad entre los años 2030 al 2050.

Este objetivo se desarrolla a partir del conocimiento de la línea de base del parque automotor terrestre conformado casi en su totalidad por vehículos de combustión interna, preponderantemente de origen fósil. Sobre dicha línea de base se plantean diversos niveles o escenarios de penetración de la movilidad eléctrica a los efectos de determinar su contribución a la reducción de emisiones GEI y otros co-beneficios para Argentina.

Se parte de analizar diversos niveles de penetración de movilidad eléctrica y sus impactos a nivel nacional en reducción de emisiones GEI, como así también las posibles interacciones en

las áreas fiscales, económica y de empleo, sin perder el objetivo de beneficios sobre la salud. Medidos los impactos reales y las barreras potenciales a micro y macroescala de la movilidad eléctrica (ME), es que se generaran recomendaciones para las autoridades nacionales, a los efectos de requerir al Fondo Verde del Clima, la asistencia técnica y financiera para minimizar o eliminar dichas barreras.

La capacidad regional para evaluar la tecnología de movilidad eléctrica se fortalece en el contexto de una estrategia más amplia de mitigación del cambio climático que incluya opciones de corto y mediano plazo que respondan a la urgencia de reducción de emisiones necesaria para mantener la temperatura media global por debajo de los 1,5 °C en relación con los niveles preindustriales.

Todos los estudios y actividades están enfocados en el desarrollo a largo plazo de la movilidad eléctrica para flotas, tanto de transporte público como privado, incluyendo vehículos 100% eléctricos e híbridos enchufables. Por ello se realizan las siguientes actividades:

- desarrollo de una evaluación exhaustiva y una línea de base del estado de la implementación de la tecnología de movilidad eléctrica en el país, desde la perspectiva del sector eléctrico, incluyendo el estado y la disponibilidad de la tecnología de movilidad eléctrica en el país, con énfasis en la infraestructura de carga y su integración con la red eléctrica;
- la caracterización y necesidades del sistema energético para responder a las necesidades de infraestructura para el abastecimiento y sistemas de distribución. Todo ello cuantificado en beneficios económicos por reducción de la contaminación local.

Alcance local del proyecto

En este primer entregable, el alcance del proyecto es consolidado a nivel nacional, y no presenta análisis desagregados a nivel provincial o de alguna ciudad en particular. Sin embargo, en el avance de los próximos entregables, y dependiendo de los requerimientos de las autoridades nacionales, podrán presentarse análisis y recomendaciones desagregados a nivel provincial.

De acuerdo con los requerimientos de las autoridades nacionales de Argentina, el alcance particular del mismo incluye las siguientes tecnologías de movilidad eléctrica y su fuente principal de alimentación, mediante diversos niveles de penetración de vehículos eléctricos, en reemplazo de vehículos con motor de combustión interna, principalmente de al menos tres tecnologías:

- vehículos eléctricos a batería (BEV)
- vehículos eléctricos híbridos regenerativos y enchufables (HEV o PHEV)
- vehículos eléctricos de celdas de combustible a hidrógeno (HFCEV o simplemente FCEV)

Todos ellos con foco en el potencial desarrollo y fabricación de la industria nacional.

Ilustración 3 Tipos de ME para el presente entregable

		Tipo de Tracción	
		Híbrida (con motor de combustión interna)	Eléctrica
Alimentación	Eléctrica	Vehículos híbridos enchufables (PHEV)	Vehículos de batería pura (BEV)
	Híbrida	Vehículos híbridos no enchufables (PHEV) Cuenta con sistema de recarga de baterías	Vehículos eléctricos en base a baterías de combustible de hidrógeno (FCEV) u otras fuentes y generadores de electricidad

Fuente: PANTyCC 2017 [2]

1.3. Compromiso global con el medio ambiente

La crisis climática global y la comunidad internacional en trabajo para cuidar el medio ambiente del planeta, tuvo uno de sus puntos más destacados en lo que se conoce como el Acuerdo de París en 2015. Mediante este acuerdo, los países del mundo se comprometieron a establecer Contribuciones Nacionales Determinadas (NDC por sus siglas en inglés) para reducir la emisión de Gases de Efecto Invernadero y desarrollar planes estratégicos para alcanzar dichas reducciones (PNAyMCC).

En lo que respecta al transporte de pasajeros, sólo para dar un contexto, la demanda aumentó en un 74% desde el año 2000 [3] y dado que en la actualidad los sistemas de transporte continúan siendo altamente emisores, la tendencia indica que de continuar operando como hasta ahora, los escenarios de emisiones para el 2050 son de tres a seis veces más altos que los acordados en París [4]. Por esta razón, se instó a los gobiernos a actualizar sus Contribuciones Nacionales para el 2020 incentivando a una mayor ambición. Para ello, desde distintos sectores académicos, no gubernamentales y organismos multilaterales realizaron importantes recomendaciones y documentos técnicos entre los que se destacan el concepto de “evitar, cambiar y mejorar, promover una mayor aceleración en adoptar la movilidad eléctrica y evolucionar hacia un sistema de transporte de cero emisiones de carbono como nuevo paradigma para 2050” [4].

Compromiso nacional con el medio ambiente

La República Argentina ratificó, en 1994, la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) mediante la sanción de la Ley N° 24.295. De esta manera, nuestro país asumió el compromiso de presentar informes nacionales incluyendo los elementos relevantes para el logro de los objetivos de la CMNUCC, y en particular la publicación de los

inventarios nacionales de GEI y los programas nacionales que contengan medidas para mitigar el cambio climático y facilitar la adaptación.

En cumplimiento de dicho compromiso, Argentina ha presentado sus Comunicaciones Nacionales e Informes Bienales de Actualización (BUR, por sus siglas en inglés), conteniendo ambos una actualización regular de sus inventarios de emisiones de GEI.

En el marco del Protocolo de Kioto, ratificado a través de la Ley N° 25.438, Argentina se comprometió a adoptar políticas y medidas que limiten o reduzcan las emisiones de los gases de efecto invernadero. Posteriormente, Argentina adoptó el Acuerdo de París bajo la CMNUCC mediante la Ley N° 27.270 y depositó el instrumento de ratificación ante el Secretario General de las Naciones Unidas en el mes de diciembre de 2015.

Durante la vigésima segunda Conferencia de las Partes de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (COP22), realizada en Marruecos en noviembre de 2016, Argentina presentó su versión revisada de la Contribución Determinada a Nivel Nacional (NDC, por sus siglas en inglés), con el objeto de aumentar su ambición y mejorar su transparencia y claridad a las presentada en octubre del 2015.

Los 27 estados miembros de la Unión Europea y el Reino Unido se encontraban entre los 70 países que presentaron contribuciones nacionales actualizadas antes del 31 de diciembre de 2020, en línea con un ciclo de cinco años para cerrar la brecha entre la acción y el objetivo general del pacto de limitar el calentamiento global, por debajo de 2C°.

Los países latinoamericanos, incluidos Argentina, Colombia, Chile, Costa Rica y Perú, cumplieron con el plazo de fin de año y mejoraron su ambición junto con casi una docena de pequeños estados insulares y países menos desarrollados. Juntos, representan el 28% de las emisiones globales de gases de efecto invernadero, según el World Resources Institute [5]

Es de relevancia destacar el foco en el esfuerzo para aumentar las capacidades de adaptación a las consecuencias del climático, sobre todo en las comunidades y zonas más vulnerables a esta, como lo son por ejemplo zonas costeras bajas, áridas y semiáridas; como así también, la mención a la crisis global ocasionada por el COVID-19. Así también la posición del Gobierno Nacional adelantó la presentación de la segunda NDC, basado en los compromisos asumidos por el país en materia de cambio climático y desarrollo sostenible en la Agenda de Desarrollo Sostenible 2030, que tienen un impacto en el sector energético, en particular los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) N°7, 12 y 13. Estos compromisos establecen las líneas directrices que deben tenerse en cuenta a la hora de evaluar escenarios.

Marco del Gabinete Nacional de Cambio Climático de Argentina

Con el objetivo de coordinar la implementación de políticas de cambio climático y alcanzar los compromisos provenientes del Acuerdo de París en 2016, se creó mediante el Decreto del Poder Ejecutivo N° 891/2016 el Gabinete Nacional de Cambio Climático. Posteriormente, la Ley de Presupuestos Mínimos de Adaptación y Mitigación al Cambio Climático Global aprobada en 2019 ratificó esta instancia de coordinación interministerial.

En el Gabinete Nacional de Cambio Climático participan Ministerios y Secretarías con responsabilidades sobre las políticas sectoriales de mitigación y adaptación. Lo preside el Jefe de Gabinete de Ministros y el secretariado técnico es llevado a cabo por la Secretaria de Cambio Climático y Desarrollo Sustentable.

La metodología de trabajo se basa en los conceptos de transparencia y de participación intergubernamental e intersectorial. Se coordinan mesas sectoriales de trabajo a tal efecto. La dinámica y etapas de trabajo del Gabinete son:

- Reunión de ministros: participan en esta instancia de trabajo, el Jefe de Gabinete de Ministros y las máximas autoridades de las áreas de gobierno.
- Mesas de articulación provincial: tienen el objetivo de coordinar acciones entre Nación y las provincias, y retroalimentar el trabajo que se lleva a cabo en materia de adaptación y mitigación en cada jurisdicción.
- Mesas de puntos focales: para trabajar a nivel técnico junto con los expertos designados por las autoridades que formen parte de la Mesa de ministros.
- Mesa Ampliada: tiene lugar cuando se busca promover el debate con todos los actores interesados respecto a cómo las temáticas transversales pueden permear el diseño y ejecución del Plan. Se convoca, entre otros, a universidades, ONG, sindicatos, comunidades indígenas, sector privado.

Ilustración 4 Esquema de gobernanza del GNCC



Fuente: Min. Ambiente Y Desarrollo Sostenible.

Argentina fue anfitrión del G20 en 2018 y en ese marco, la Presidencia constituyó, por un lado, el Grupo de Transiciones Energéticas (ETWG, por sus siglas en inglés) y por otro lado el Grupo de Sustentabilidad Climática (CSWG, por sus siglas en inglés).

El ETWG fue liderado por el entonces Ministerio de Energía y el tema principal elegido para trabajar durante el año fue el de "*Transiciones energéticas hacia sistemas más limpios, más flexibles y transparentes"*. Deliberadamente se eligió el plural para destacar la idea que no existe un punto de partida único en la transición energética, sino que cada país tiene sus circunstancias nacionales que atender y que no existe una solución única o un solo camino para lograr un futuro energético más limpio.

Contribuciones nacionales declaradas y plan sectorial transporte

La presente actualización de NDC en el 2020 fue precedida por una serie de reportes, documentos y versiones previas en lo que respecta a transporte particularmente, en el año 2017 se presentó el Plan de Acción Nacional de Transporte y Cambio Climático (PANTyCC) [2].

El Plan planteó el conjunto de iniciativas que la Argentina tenía previstas para contribuir a reducir las emisiones de GEI, y adaptarse a los efectos del cambio climático en el sector transporte, de acuerdo con los compromisos asumidos ante la CMNUCC.

Los planes de acción sectoriales de cambio climático plantean la estrategia de los ministerios con responsabilidades e impacto en las emisiones para ejecutar las acciones de mitigación y adaptación de la Contribución Nacional, incluyendo la manera en que cada medida será implementada, lo que indica los lineamientos concretos para alcanzar los objetivos.

El transporte aparece como un punto relevante en el nuevo compromiso nacional, primero planteándolo como una herramienta vital en el desarrollo económico del país y con características particulares dado la longitud del territorio nacional que "*lleva implícita una significativa demanda (de energía) de transporte de larga distancia, tanto de pasajeros como de cargas*" la cual en 2019 se abasteció mediante: gasoil 39%, nafta 36%, gas natural 12%, biocombustibles 9% y un 4% con otros combustibles [4].

La red vial total se compone aproximadamente de 40 mil km de caminos nacionales- red troncal primaria, 189 mil km de rutas provinciales y 285 mil km de caminos administrados por los municipios- red vial terciaria-. Respecto a la movilidad urbana de pasajeros se destacan el uso de ómnibus, vehículos particulares y ferrocarriles, particularmente en el Área Metropolitana de Buenos Aires (AMBA)-, que representa un tercio de la población del país, como así también las aglomeraciones urbanas de Córdoba, Santa Fe, Mendoza y Tucumán.

Sobre la matriz energética, se destaca que la energía producida en el país proviene en un 87%, de origen fósil, 54% a gas natural, 31% petróleo y derivados, y 1% carbón mineral. Luego la energía hidráulica representa un 4% y la nuclear un 3%. La energía producida de las fuentes renovables no convencionales (biomasa, pequeños aprovechamientos hidroeléctricos, eólica y solar) alcanza un 6% [5].

1.4. Foco de la movilidad eléctrica

El proyecto GCF Readiness "*Avanzando con un enfoque regional hacia la movildiad eléctrica en América Latina*" se encuentra integrado por 14 países que forman parte la plataforma MOVE LATAM (www.movelatam.org).

La mayoría de los países involucrados incorporarán o prevén incorporar como tecnologías de movilidad eléctricas a vehículos eléctricos 100% a baterías o enchufables a baterías (BEV-Battery Electrical Vehicle) y vehículos híbridos eléctricos enchufable (PHEV-Plug in Electrical Vehicle). Además de incorporar dichas tecnologías, Argentina prevé también el estudio de la incorporación de vehículos de celdas de combustible de hidrógeno (FCEV-Fuel Cell Electrical Vehicle o también HFCEV-Hydrogen Fuel Cell Electrical Vehicle). Asi mismo otra de las características particulares del proyecto en Argentina es la inclusión del análisis de los procesos de industrialización local de la movilidad eléctrica en todas sus variantes tecnológicas para potenciar el empleo, su capacidad local de producción y la atracción de inversiones de capital y conocimiento.

Este aspecto particular no es el foco principal del análisis de impactos del punto 4 del presente entregable y el estudio de la potencial industrialización de la electromovilidad en Argentina será abordado en sucesivos talleres y entregables a lo largo de todo el proceso de consultoría, especialmente con el involucramiento de la cadena productiva de nuestro país en el sector automotor.

Cabe destacar que Argentina, no ha definido un objetivo, plazos o tecnologías específicas de movilidad eléctrica, con lo cual los avances de esta consultoría permitirán también a las autoridades y planificadores locales, tener una línea base o punto de partida para futuros estudios más detallados que pudieran permitir definir con mayor claridad, las tecnologías más convenientes a desplegar geográficamente en el amplio territorio de Argentina.

1.5. Análisis de flota

Uno de los temas principales necesarios para el análisis de impactos corresponde a la definición de la línea base y el estudio de la movilidad eléctrica ya existente en Argentina y otro tipo de movilidad encontrada a un año dado, lo que podríamos llamar, en términos generales, "análisis de flota eléctrica" o también "análisis de flota".

Los datos, informaciones y documentos más relevantes que se han encontrado para este estudio y análisis de flota existente o proyectada de movilidad eléctrica en Argentina son los siguientes:

- datos de campo y datos de consulta a diversos actores del sector privado (empresas de buses, empresas automotrices y empresas tecnológicas de suministro de cargadores eléctricos y empresas de tecnologías para la producción de hidrógeno);
- estadísticas públicas y privadas a nivel nacional, provincial y de ciudades que cuentan con movilidad eléctrica al momento del presente estudio;

- de la información privada, se puede destacar la página web de Inteligencia de Mercado denominada SIOMAA dependiente de ACARA [6] [7], la Asociación de Concesionarios Automotores de la República Argentina, quienes emiten reportes de ventas del mercado automotor de Argentina, también en las categorías de vehículos eléctricos, obteniendo datos muy recientes acumulados al 2020.
- proyecciones privadas de incorporación de vehículos eléctricos realizadas en el último informe denominado Visión 2030 de ADEFA de la Asociación de Fábricas de Automotores de Argentina [8] [9].
- reporte del 2020 del Estudio de Flota del Parque Automotor de Argentina, actualizado al 2019, realizado dentro de la Plataforma *Partnership for Market Readiness* PMR-Banco Mundial) [10].

Cabe destacar que la última información mencionada permitió definir el punto de arranque para las proyecciones y modelación de diversos escenarios de penetración de movilidad eléctrica en Argentina para la década 2020-2030.

Tipología de vehículos sugeridos para la ME en Argentina

La tipología o categoría de vehículos eléctricos sugeridos a los líderes del proyecto en Argentina y a las autoridades locales de Transporte y Energía, superan las categorías generales propuesta por el PNUMA originalmente.

Dado el detallado trabajo de relevamiento volcado en el Reporte del 2020 del Estudio de Flota del Parque Automotor de Argentina, actualizado al 2019, elaborado por los consultores argentinos del PMR-Banco Mundial, se consideró importante abordar prácticamente todas las tipologías o categorías de vehículos allí consideradas y que fueron reagrupadas en 9 categorías, como se detalla en la Tabla 1.

La hipótesis considerada en el presente entregable es que todas las categorías de vehículos convencionales que funcionan con motores de combustión interna podrían tener en un futuro cercano, algún tipo de interés para su reemplazo con tecnologías de movilidad eléctrica. Esto servirá además para los futuros planificadores del PANTyCC 2021 y/o para las autoridades nacionales y provinciales, especialmente para el Gabinete Nacional de Cambio Climático de Argentina, al contar con más opciones para la definición de objetivos de descarbonización del transporte automotor en nuestro país.

Tabla 1 Tipología de vehículos adaptada y agrupada del estudio de FLOTA-PMR-Banco Mundial 2020, para las proyecciones y escenarios de ME de Argentina

Tipología de vehículos adaptada y agrupada del estudio de flota del transporte automotor de Argentina-PMR-Banco Mundial 2020 para su potencial conversión a Vehículos Eléctricos
Motocicletas/Motovehículos
Vehículos Particulares (4 -5 pasajeros)
Vehículos de pasajeros Cautivos (Taxis-Remises)
Vehículos Utilitarios livianos (Tipo Kangoo)
Vehículos utilitarios pesados (Tipo Pick Ups-Otros)
Vehículos de Carga Livianos
Vehículos de Carga Pesados
Buses Urbanos (Cautivos)
Buses Interurbanos (Cautivos)

Fuente: Elaboración propia adaptada del estudio de flota del PMR-Banco Mundial para Argentina al 2020 [10]

1.6. Impacto en la energía de la ME

El foco de análisis del presente entregable corresponde al análisis de impacto en la demanda agregada de energía eléctrica proveniente de la carga eléctrica de vehículos enchufables y de la demanda directa de energía eléctrica necesaria para la potencial producción de hidrógeno derivado de la electrólisis del agua para abastecer a vehículos de celdas de combustible.

De los estudios previos para el análisis de impactos energéticos, se tomó especialmente en cuenta el documento denominado Escenarios Energéticos 2030 [1], que contempla el impacto de energía eléctrica agregada por la demanda de automóviles y buses urbanos entre los años 2020 al 2030.

Cabe destacar que el estudio de la potencia eléctrica no ha sido abordado en el presente entregable, dado la falta de definiciones necesarias para la estimación de la distribución geográfica de los cargadores rápidos para los vehículos enchufables y para las estaciones de producción de hidrógeno.

Avanzado los talleres y otros entregables del presente proyecto de consultoría, podrá estudiarse a partir de una mejor definición de la hipotética distribución geográfica de los cargadores, la potencia demandada, para los escenarios energéticos.

1.7. Escenarios preliminares de ME en Argentina

ME en Argentina al 2020

La penetración de vehículos eléctricos en la Argentina hoy en día es muy baja (0,02% a enero de 2021 del total del parque automotor). En 2018 se vendieron 30 vehículos eléctricos, en 2019, 1.548 y en 2020, 2.353 donde la información de 2019 y 2020 surge del estudio reciente de la Asociación de Concesionarios de Automotores de la República Argentina (ACARA) a través

del Sistema de Información Online del Mercado Automotor (SIOMAA). En el Gráfico 1 puede apreciarse la evolución y detalle de ventas de vehículos eléctricos en dichos años y en la Tabla 2 se observan los modelos de vehículos más vendidos, donde predominan fuertemente los vehículos del tipo HEV o híbridos no enchufables o regenerativos.

Gráfico 1 Evolución de la ME de Argentina. Años 2019 Y 2020



Fuente: SIOMMA https://www.siomaa.com/ [7]

Tabla 2 Patentamiento de vehículos eléctricos por modelos en unidades. Años 2019 y 2020

	ene-20	feb-20	mar-20	abr-20	may-20	jun-20	jul-20	ago-20	sep-20	oct-20	nov-20	dic-20	2020	Part %	2019	Part %	Var Ac
Toyota COROLLA	74	31	27	4	18	27	23	78	76	144	235	147	**884**	37,10%	23	1,49%	3743,5%
Toyota RAV4	114	43	39	8	27	129	186	104	38	21	9	3	**721**	30,26%	1.063	68,67%	-32,2%
Ford KUGA						106	75	17	5	5	3	2	**213**	8,94%		0,00%	
Toyota C-HR	21	23	22	2	16	49	39	10	8	4	5	2	**201**	8,43%		0,00%	
Ford MONDEO	19	6	3			25	19	11	4	4	3	3	**97**	4,07%	79	5,10%	22,8%
Toyota PRIUS	7	12	4		6	8	5	6	4		3	3	**58**	2,43%	174	11,24%	-66,7%
Lexus NX 300H	8	6	13	5		10	2	3	1				**48**	2,01%	72	4,65%	-33,3%
Lexus IS 300H	13	1	1		3	4	2	6	1	1			**32**	1,34%	19	1,23%	68,4%
Land Rover RANGE ROVER EVOQUE						2	3	3	10	1	1		**20**	0,84%		0,00%	
Renault KANGOO		4			1	1	4	1	3	1	4		**19**	0,80%	30	1,94%	-36,7%
Hyundai IONIQ	4		3	1	1	3	1	1	1	2	1		**18**	0,76%	3	0,19%	500,0%
Lexus RX 450H	8	1				2	5	1	1				**18**	0,76%	2	0,13%	800,0%
Lexus NX 300	2	1			1	11		1					**16**	0,67%	21	1,36%	-23,8%
Nissan LEAF		2					1	3	4	1	1		**12**	0,50%	9	0,58%	33,3%
Mercedes Benz GLE 450								1	2	3	1		**7**	0,29%		0,00%	
Lexus GS450H	2		1							1			**4**	0,17%	16	1,03%	-75,0%
SERO SEDAN	1						2	1					**4**	0,17%	2	0,13%	100,0%
Lexus UX 250H						3							**3**	0,13%		0,00%	
SERO CARGO ALTO							2		1				**3**	0,13%	2	0,13%	50,0%
Audi A8		1	1										**2**	0,08%	2	0,13%	0,0%
JAC IEV7S	1												**1**	0,04%		0,00%	
Lexus ES 300H						1							**1**	0,04%		0,00%	
Mercedes Benz GLC 350	1												**1**	0,04%	26	1,68%	-96,2%
Lexus LS 500H														0,00%	5	0,32%	
TOTAL	**275**	**131**	**114**	**20**	**73**	**381**	**369**	**247**	**159**	**188**	**266**	**160**	**2.383**		**1.548**		**53,9%**

Híbridos Eléctricos puros

Fuente: SIOMAA https://www.siomaa.com/ [7]

Las tecnologías dentro de la ME a nivel internacional son las siguientes[1]:

- **MHEV** (Mild-hybridElectric Vehicle) o híbridos de 48v. La tecnología consiste en añadir al motor de combustión una pequeña batería y un generador de arranque integrado en la correa en lugar del alternador (sistema de 48v). Este agregado permite recuperar

[1] El foco del proyecto está orientado a vehículos de cero emisiones en la etapa del transporte del ciclo de vida de los vehículos, por lo cual involucraría fundamentalmente a los vehículos 100% eléctricos y a los 100% a celdas de hidrógeno.

energía de las desaceleraciones y frenadas y reduciría el consumo de combustible hasta en un 15%, además de reducir las emisiones de CO2. Es la tecnología que más usaron los fabricantes porque, según los propios fabricantes, permitiría obtener el 70% de los beneficios de un híbrido completo con un 30% del costo de fabricación. Solo en Europa se ofrecen más de 60 modelos con esta tecnología [7] [11].

- HEV (HybridElectric Vehicle). Son vehículos cuyo propulsor principal es un motor de combustión interna, pero tienen además un pequeño motor eléctrico y una batería que se utilizan en momentos específicos como durante el arranque o como refuerzo en aceleraciones fuertes. Esta tecnología permite al auto funcionar en modo 100% eléctrico, pero en trayectos cortos y por poco tiempo. No son vehículos enchufables, sino que la batería se carga mediante un sistema de recuperación de energía durante la frenada o desaceleración. Pueden ahorrar en el orden 50% de combustible y reducir las emisiones GEI a la mitad que un vehículo convencional de motor de combustión interna. [7] [11].

- PHEV (Plug-in HybridElectric Vehicle) o Híbridos enchufables. Un PHEV es impulsado por un motor de combustión interna (ICE), pero tiene además uno o varios motores eléctricos y baterías de mayor capacidad que las de un HEV. La principal diferencia con estos últimos es que los PHEV se recargan conectándolos a la red eléctrica convencional y esto permite que tengan baterías de mayor tamaño y autonomía. Algunos modelos llegan a los 50 o 60 km funcionando solo con electricidad [7] [11].

- EREV (Extended Range Electric Vehicle). Eléctricos de autonomía extendida. Son los híbridos menos frecuentes. Cuentan con uno o varios motores eléctricos y baterías además de un motor de combustión, solo que este no está conectado al tren de tracción del vehículo, sino que solo se utiliza para cargar las baterías. Ya casi no quedan vehículos EREV en la oferta comercial [7] [11].

- BEV (Battery Electric Vehicle) o eléctricos puros. Este tipo de vehículos son 100% eléctricos, no tienen motor de combustión ni tanque de combustible y obtienen toda su potencia de sus paquetes de baterías. La tecnología permite la recarga mediante el sistema de recuperación de energía en las frenadas y mediante la conexión directa a la red eléctrica (en casa o en estaciones de recarga habitualmente semi-rápida, rápida y ultra-rápida) [7] [11].

- FCEV (Fuel Cell Electric Vehicle) o eléctrico de pila de combustible. Estos vehículos cuentan con una pila de combustible para alimentar su motor eléctrico. La pila utiliza hidrógeno comprimido que, mediante un proceso electroquímico. La tecnología FCEV produce cero emisiones contaminantes en la etapa de transporte, ya que el residuo que produce es vapor de agua [7] [11].

Escenarios preliminares de penetración de ME en Argentina

Argentina, en comparación con países de Europa o con otros de Latinoamérica, aún no ha formalizado una estrategia u objetivo que contenga al menos un nivel mínimo de penetración de movilidad eléctrica para los próximos años. Por ello, a continuación se establecen algunas de las acciones planteadas en otros países para fomentar la penetración de vehículos eléctricos:

- cupo mínimo de venta de vehículos eléctricos;
- porcentaje mínimo de penetración de VE sobre el total de flota del parque automotor a un año dado;
- año de restricción en las ventas de vehículos a motor de combustión interna;
- restricciones a la importación de vehículos de motor de combustión interna;
- aumento de impuestos para vehículos de motor de combustión interna para desincentivar la venta respecto de facilidades o incentivos fiscales para la compra de vehículos eléctricos;
- restricciones de circulación de vehículos de motores de combustión interna en ciudades determinadas;
- restricciones de emisiones GEI, para el sector transporte debido al consumo de combustibles fósiles;
- restricciones o prohibiciones a la importación de combustibles fósiles en general o de determinada calidad de los combustibles.

Partiendo de las alternativas anteriormente presentadas surge la primera aseveración al documento más recientemente publicado, denominado Escenarios Energéticos 2030 [1], elaborado por la Secretaría de Energía en el año 2019, que incorpora estimaciones y proyecciones del impacto en la demanda de energía eléctrica agregada en la matriz energética de Argentina, por la sustitución de vehículos a combustion interna por vehiculos eléctricos que podrían sumarse a la flota de transporte en el decenio 2020-2030.

La otra estimación indirecta corresponde a las emisiones GEI evitadas en el reporte del Plan Nacional de Transporte y Cambio Climático de 2017 [2], en el eje de intervención para la descarbonización del Sector Transporte, debido a la incorporación de vehículos de bajas emisiones, fundamentalmente del tipo eléctricos. Esta proyección de emisiones GEI evitadas al 2030, es del orden de 680.000 Ton $CO_{2\ \text{equivalente}}$ (CO_{2eq}). Este valor de emisiones evitados, no es el acumulado al 2030, sino el valor estimado para el año 2030, valor que incluye originalmente la incorporación de vehículos livianos eléctricos (465.306 unidades), buses eléctricos (158.690 unidades) y el reemplazo de buses Euro III por Euro V (65.171 unidades) [2].

Por tal motivo la descripción de Objetivos de Movilidad Eléctrica que fueran requeridos por el proyecto no pueden describirse como tales. Así, el criterio general adoptado por el equipo de consultores fue relevar y analizar diversos escenarios y criterios establecidos por entidades e instituciones a nivel internacional y nacional publicadas recientemente; y aplicar dichos criterios a la evolución al parque automotor de Argentina recogida en el Estudio del PMR-Banco Mundial de 2020 [10].

Sobre la evolución de las proyecciones y escenarios analizados de movilidad eléctrica estudiados y desde la óptica de la orientación de los términos de referencia de la consultoría de Leonardo Iannuzzi, con foco en impacto en la Energía y Emisiones GEI , se desarrolló un modelo Excel propio (incluido como anexo del presente entregable) para estimar los impactos energéticos y las emisiones GEI evitadas debido a la incorporación de vehículos eléctricos en un escenario dado.

Para ello se tuvo en cuenta como objetivo que, los escenarios que se analizará redujeran, como mínimo, un 26% más que las emisiones evitadas proyectadas por la movilidad eléctrica en el PANTyCC 2017 [2]. El porcentaje es el aumento de la ambición, en la nueva NDC 2020 de Argentina. Este resultado arroja una reducción de emisiones evitadas mínimas por el eje de intervención de la movilidad eléctrica en el orden de 870.000 toneladas de GEI (Ton $CO_{2\ eq}$) al año 2030.

A continuación, se muestran los criterios y modelos de análisis de penetración de movilidad eléctrica considerados para el presente estudio:

- Modelo de Proyección del Parque automotor 2019-2030 y Modelo de Impacto en las Emisiones GEI Evitadas y Energía Directa Consumida elaborado por Leonardo Iannuzzi.
- Modelo Calculator de Naciones Unidas [12] que prevé un modelo de análisis de impacto en las emisiones y en la energía a partir de proyecciones en las ventas de vehículos eléctricos del total de ventas de vehículos en un país dado.
- Modelo de Cálculo de Emisiones Contaminantes Evitadas por la incorporación de vehículos eléctricos en una ciudad dada, elaborado por el Clean Air Institute y requerido su uso como herramienta de análisis por los Lineamientos de Trabajo, del Proyecto GCF [13].
- Proyecciones del Eje de Intervención de Movilidad Baja en Emisiones-Movilidad Eléctrica del PANTyCC 2017 [2].
- Proyecciones de la incorporación de vehículos eléctricos (que contempla sólo buses y automóviles eléctricos) en el documento Escenarios Energéticos 2030, publicado en 2019 [1].
- Proyecciones de movilidad eléctrica de ADEFA, la Asociación de Fábricas Automotores de Argentina, volcadas en el Documento Visión 2030, publicado en 2019 elaborado por la consultora ABCEB.
- Proyecciones e iniciativas internacionales detalladas en los documentos de la Agencia Internacional de Energía en sus Reportes de 2019 y 2020 del Global EV Outlook (Global Electrical Vehicle Outlook) [14] donde describe las Iniciativas EVI-Electrical Vehicle Iniciative de Escenarios de penetración de Movilidad Eléctrica de los países adheridos a dicha organización.

Como resumen, se muestran todos los escenarios analizados de penetración de movilidad eléctrica para Argentina, con diversos modelos y documentos estudiados.

Tabla 3 Resumen de escenarios analizados para la estimación de impactos de la ME en Argentina

Criterio y/o modelos para el análisis de impacto	Niveles de penetración de la Movilidad Eléctrica analizados en decenio 2020-2030
Modelo de Proyección del Parque automotor 2019-2030 y Modelo de Impacto en las Emisiones GEI Evitadas y Energía Directa Consumida elaborado por Leonardo Iannuzzi Y Reporte Escenarios Energéticos 2030	0,5%; 1%; 2,2%; 5%; 15% y 30% Nota: El 2,2% surge de la adaptación del 12% de Vehículos Eléctricos vendidos acumulados, respecto del total de vehículos vendidos estimadas el Reporte Escenarios Energéticos 2030
Modelo e-mob Calculator de Naciones Unidas. Basado en las Proyecciones de las ventas	0,5%; 1%; 5%;
Modelo de Análisis de Impacto en las Emisiones COntaminantes Evitadas por la Movilidad Eléctrica, Adaptado de Resultados aplicados al AMBA de Argentina 2020-2030 y 2030-2050	5% acumulado al 2030 y 20% acumulado al 2050
Visión 2030 de ADEFA de Argentina 2020-2030	5% a 10% de Movilidad Eléctrica acumulada en el total de Ventas. 500000 a 600000 pickups, del tipo híbridas
Global EV Outlook 2018-Electric Vehicle Iniciative	15%
Global EV Outlook 2020-Electric Vehicle Iniciative	30%

Fuente: Elaboración propia de diversas fuentes

Para el análisis preliminar de Escenarios de Penetración de ME de Argentina (EPMEA) proyectado entre los años 2020 y 2030 y, posteriormente, del año 2030 al 2050 se consideraron 2 grupos de criterios:

- uno que reúne pautas a nivel nacional;
- otro que reúne pautas a nivel internacional y que permite comprender el esfuerzo que podría realizar Argentina al alinearse con las iniciativas promovidas por la Electrical Vehicle Iniciative, descriptas estas últimas en los reportes 2018 y 2020 del Global Outlook for Electrical Vehicle de la International Energy Agency (IEA) [14].

Las pautas para el análisis preliminar de EPMEA a nivel local corresponden a 5 documentos sobre los cuales se trató de converger resultados consistentes de reducción de emisiones GEI para el transporte automotor terrestre, a partir de lo siguiente:

- Plan Nacional de Transporte y Cambio Climático de Argentina 2017 [2] eje de intervención denominado Desarrollo de Movilidad Baja en Emisiones o Tecnologías de Movilidad de bajas emisiones, cuyo aporte a las NDC al 2017 eran de 684.167 Ton CO2eq acumuladas al 2030.
- Reporte de Escenarios Energéticos 2030 elaborado por la Secretaría de Energía de la Nación, publicado en 2019, donde daba cuenta de un nivel mínimo de EPMEA de 12% del total de ventas del mercado automotor acumulado al 2030.
- Estudio de Flota del Transporte en Argentina elaborado por el PMR-Banco Mundial [10], con información al 2019, publicada en diciembre de 2020, que describe el estado de la flota del parque automotor terrestre de Argentina y el consumo estimado de combustible asociado.
- La meta de mayor ambición de reducción de emisiones GEI para todo Argentina, englobada en la nueva NDC del 2020, de un 26% adicionales a los comprometidos en la NDC de Argentina de 2016, con la aplicación del mismo criterio al subsector transporte terrestre automotor con una reducción de GEI mínima estimada en 862.050 Ton CO2eq al 2030.
- El reporte de la Visión 2030 de la Industria Automotriz de Argentina, descrita en el reporte de 2019 elaborado por la Consultora ABCEB, que incluye entre un 5 al 10% de penetración de vehículos eléctricos en las ventas acumuladas al 2030 de dicho sector incluyendo una estimación adicional de venta de entre 500 mil a 600 mil pickups híbridas.

En consecuencia, bajo dichos documentos, visiones y proyecciones se consideraron los siguientes escenarios:

- Escenario 1: Penetración 0,5% de la Flota de Vehículos Eléctricos al 2030
- Escenario 2: Penetración 1% de la Flota de Vehículos Eléctricos al 2030
- Escenario 3: Penetración 2,2% de la Flota de Vehículos Eléctricos al 2030
- Escenario 4: Penetración 5% de la Flota de Vehículos Eléctricos al 2030 (cercana a las proyecciones de ADEFA)
- Escenario 5: Penetración 15% de la Flota de Vehículos Eléctricos al 2030 (Objetivos de una Visión Internacional-IEA 2018)
- Escenario 6: Penetración 30% de la Flota de Vehículos Eléctricos al 2030 (Objetivos de una Visión Internacional-EVI 30@30-IEA 2019)

La consolidación de dichos escenarios aplicados en una proyección creciente del tipo exponencial entre el 2020 y 2030 se aplicó sobre la demanda agregada anual del parque automotor terrestre tomando como año base el año 2019, sobre el cual se obtuvo el estado de la flota del transporte terrestre automotor (TAT) a nivel nacional.

La Tabla 4 muestra el crecimiento esperado del parque automotor terrestre al año 2030 y al salto del año 2050 con la misma tasa lineal anual del crecimiento del 0,78%.

Tabla 4 Evolución del parque automotor terrestre al año 2030 y al año 2050

Tipo de Vehiculo	Cantidades al 2019 (*) (Estudio PMR-WB-2020)	Crecimiento Anual Neto%	0,25	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78
		2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2050
Motocicletas/Motovehiculos	5.405.596	5.405.596	5.419.110	5.461.379	5.503.978	5.546.909	5.590.175	5.633.778	5.677.722	5.722.008	5.766.639	5.811.619	5.856.950	6.330.165
Vehiculos Particulares (4 -5 pasajeros)	11.453.615	11.453.615	11.482.249	11.571.811	11.662.071	11.753.035	11.844.709	11.937.097	12.030.207	12.124.042	12.218.610	12.313.915	12.409.963	13.412.633
Vehiculos de pasajeros Cautivos (Taxis-Remises)	209.371	209.371	209.894	211.532	213.182	214.844	216.520	218.209	219.911	221.626	223.355	225.097	226.853	245.182
Vehiculos Utilitarios livianos (Tipo Kangoo)	679.910	679.910	681.610	686.926	692.284	697.684	703.126	708.610	714.138	719.708	725.322	730.979	736.681	796.201
Vehiculos utilitarios pesados (Tipo Pick Ups-Otros)	1.444.810	1.444.810	1.448.422	1.459.720	1.471.106	1.482.580	1.494.144	1.505.799	1.517.544	1.529.381	1.541.310	1.553.332	1.565.448	1.691.929
Vehiculos de Carga Livianos	100.993	100.993	101.245	102.035	102.831	103.633	104.441	105.256	106.077	106.905	107.738	108.579	109.426	118.267
Vehiculos de Carga Pesados	332.258	332.258	333.089	335.687	338.305	340.944	343.603	346.283	348.984	351.706	354.450	357.214	360.001	389.087
Buses Urbanos (Cautivos)	31.640	31.640	31.719	31.967	32.216	32.467	32.720	32.976	33.233	33.492	33.753	34.017	34.282	37.052
Buses Interurbanos (Cautivos)	16.371	16.371	16.412	16.540	16.669	16.799	16.930	17.062	17.195	17.329	17.464	17.601	17.738	19.171
Totales Anuales	19.674.564	19.674.564	19.723.750	19.877.596	20.032.641	20.188.886	20.346.389	20.505.071	20.665.010	20.826.197	20.988.642	21.152.353	21.317.341	23.089.687
			49.186	153.845	155.045	156.255	157.473	158.702	159.940	161.187	162.444	163.711	164.988	

Fuente: Elaboración propia

La Tabla 5 muestra la cantidad de unidades de vehículos eléctricos que corresponden a cada escenario de movilidad eléctrica analizado.

Tabla 5 Escenarios de penetración de ME y las unidades involucradas en cada una de las tipologías o categorías de vehículos consideradas

Tipo de Vehículo	% Penetración de Vehículos Eléctricos y Cantidad de Vehículos en Unidades/Según Tipo de Vehículo acumulados a 2030 (Comienzo de estimación Año 2021)					
	0,5%	1,0%	2,2%	5%	15%	30%
Motocicletas	28.822	56.279	122.176	275.936	825.078	1.648.790
Vehículos de Pasajeros Particulares (4 -5 pasajeros)	61.070	119.247	258.873	584.666	1.748.211	3.493.529
Vehículos de pasajeros Cautivos (Taxis-Remises)	1.116	2.180	4.732	10.688	31.957	63.861
Vehículos Utilitarios livianos (Tipo Kangoo)	3.625	7.079	15.367	34.707	103.777	207.383
Vehículos utilitarios pesados (Tipo Pick Ups-Otros)	7.704	15.042	32.655	73.752	220.527	440.689
Vehículos de Carga Livianos	538	1.051	2.283	5.155	15.415	30.804
Vehículos de Carga Pesados	1.772	3.459	7.510	16.961	50.714	101.344
Buses Urbanos (Cautivos)	169	329	715	1.615	4.829	9.651
Buses Interurbanos (Cautivos)	87	170	370	836	2.499	4.993
Acumulados	104.904	204.839	444.682	1.004.315	3.003.007	6.001.044
Total Vehículos Proyectados al 2030	21.317.341					

Fuente: Elaboración propia

En el Capítulo 3 del presente trabajo, se mencionan los tres escenarios elegidos para el posterior análisis de impactos, requeridos para el presente entregable del proyecto en Argentina.

2. Línea de base nacional

2.1 Inventario y oferta de bienes a nivel nacional

Para realizar el inventario de bienes a nivel nacional y clasificar la flota automotor, se utilizó como fuente el estudio más reciente sobre flotas a nivel nacional. El mismo fue presentado por un equipo consultor experto en transporte en diciembre del 2020 al Ministerio de Transporte y al Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de la Nación, en el marco del Partnership for Market Readiness (PMR). Este estudio, además de estimar y clasificar la flota, calculó y clasificó el parque según su tecnología y su consumo de energía.

Detalle de flota del transporte automotor terrestre

A continuación, se presenta en la Tabla 6, con el inventario estimado de vehículos en la República Argentina para el año 2019:

Tabla 6 Inventario sector transporte automotor. En unidades según tipología o categoría de vehículos. Año 2019

Tipo de unidades y de servicios	Unidades	Consumo total anual			
		Naftas (miles de l)	Gasoil (miles de l)	GNC (miles de m^3)	Energía Eléctrica (MWh)
Motovehículos	5.405.596	734.438	0	0	0
Automóviles particulares	11.453.615	7.341.375	492.364	1.049.282	12.456
Automóviles de alquiler con chofer (taxis, remises, etc.)	209.371	87.086	59.553	630.071	00
Utilitarios particulares	679.910	260.856	524.648	52.836	0
Utilitarios de carga	1.444.810	541.277	1.832.268	152.657	0
Camiones livianos y pesados	433.250	0	7.373.599	0	0
Urbanos	21.794	0	242.319	0	0
Ruteros	411.456	0	7.131.280	0	0
Servicio de transporte colectivo de pasajeros	48.106	0	1.367.898		8.339
Servicios urbanos regulares*	29.411	0	795.587	0	0
Servicios urbanos no regulares	2.229	0	20.565	0	0
Servicios interurbanos regulares	7.256	0	352.826	0	0
Servicios interurbanos no regulares	9.115	0	198.919	0	0
Servicios urbanos regulares sustentables	95	0	0	0	8.339
Total Transporte automotor	**19.674.658**	**8.965.032**	**11.650.380**	**1.884.846**	**20.795**

Fuente: Estimación de la flota de vehículos de transporte de pasajeros y cargas. Diciembre 2020. Partnerchip for Market Readiness-WB. *Incluye Unidades de Trolebuses [10]

Como primer punto hay que mencionar la dificultad de acceder a un dato claro y uniforme sobre parque automotor nacional. En el mismo estudio del PMR-Banco Mundial se destaca que “la información sobre flotas de vehículos de transporte en Argentina es relativamente escasa y dispersa”, por lo que dicho trabajo debió llevar a cabo ciertas estimaciones para cubrir las falencias en los datos. El ejemplo más claro de lo mencionado se puede ver en que sólo se conoce fehacientemente la inscripción inicial y el año de alta de los vehículos, pero no existe un registro igualmente sistematizado de las bajas, por lo cual el stock requiere ser estimado. El trabajo se realiza de diversas formas, por diferentes organismos públicos y privados, con resultados no necesariamente coincidentes.

El grueso de la flota automotor del país lo conforman los vehículos particulares, y aunque sus límites no se encuentran perfectamente definidos, sucede que muchas veces las estadísticas incorporan en esta clasificación a unidades como (Kangoo, Citroën Berlingo, Peugeot Partner, Fiat Qubo). Sin embargo, en el trabajo utilizado como fuente, se adoptó el conjunto de estas unidades como parte del conjunto de “Utilitarios”, que pueden tener opción "furgón" para uso de carga o adaptarse para uso "familiar".

Como segundo punto, los vehículos pesados tienen complejidad en las clasificaciones (camiones, unidades tractoras u ómnibus) y una inexistencia de un registro de bajas. Por lo que tampoco existe un consenso en cuál es la flota circulante. Las fuentes son varias y no siempre coinciden en la estimación del número de unidades que se encuentran “vivas”. En los últimos años y luego de un trabajo de mejora y “limpieza” de datos comenzado hace varios años por ADEFA, y la cámara empresaria que agrupa fabricantes de componentes y repuestos de automóviles (AFAC), han realizado las estimaciones que, hoy, el grueso de los especialistas considera más confiables. En el trabajo adoptado como fuente, se utilizó dicha estimación para el cálculo del parque automotor circulante total en 2019 de vehículos “Camiones pesados y livianos” para el proyecto se consideraron como “carga”.

Motocicletas

A nivel nacinonal no existe una única fuente certera que permita determinar con exactitud el “parque vivo” de moto vehículos. Las escasas estimaciones existentes difieren en sus resultados de manera considerable. En este trabajo, tomamos el valor estimado de 5.405.596 del trabajo de cálculo de flota en el marco del proyecto PMR basado en los registros de la Dirección Nacional de Registro de Propiedad de Automotor y que fue validado tanto con el Ministerio de Transporte de la Nación como con el Ministerio de Ambiente [10].

Tabla 7 Inscripciones iniciales de motocicletas. Período 2010-2019

Año	Unidades
2010	561471
2011	716207
2012	350707
2013	712.198
2014	486.091
2015	482.565
2016	484.468
2017	700.401
2018	583.570
2019	327.918
Total	5.405.596

Fuente: DNRPA

La presencia de motos eléctricas en Argentina se encuentra en una etapa muy incipiente, dada la diferencia de precios entre una moto eléctrica y una de combustión interna. Existen diversos programas nacionales de créditos rápidos para el acceso a moto vehículos, por lo que se puede estimar que en un futuro representen mayor porcentaje del parque y en el caso de incluir modelos electricos promover un crecimiento mayor de unidades al registrado hasta el momento.

Automóviles particulares y de alquiler con chofer (taxis, remises)

Para el ordenamiento del parque y la definición de "automóviles" se advirtieron los dos principales usos: el de uso particular, que es el mayoritario, y el de uso comercial como sector de venta de servicios de alquiler de autos con chofer, taxis y remises. Los usos y la producción anual de estos dos segmentos son sustancialmente diferentes. Según el documento de cálculo de flota en el marco del proyecto PMR *"En términos generales, un automóvil particular promedio recorre anualmente unos 9.000/10.000 kilómetros mientras que una unidad de alquiler con chofer recorre, según los aglomerados urbanos, entre 4 y 5 veces más esa distancia".*

Por esta razón, se los clasifica de forma diferente. Para la determinación de la flota de automóviles particulares tomaron como válida la estimación del parque automotor total realizada por AFAC. A la cual se le aplicó la distribución de cada tipo de vehículos (automóviles, utilitarios, pesados) en la serie de patentamiento de la DNRPA para 2005 – 2020. Esa estructura se la aplicó al total de la flota automotora estimada por AFAC.

Dando como resultado que la participación de los automóviles particulares fue del 81,6%, lo que sobre las 14.301.524 unidades totales de vehículos estimadas por AFAC, arrojó un total de 11.666.593. Para clasificar esto entre particulares y uso comercial se utilizó el dato de 4,7

vehículos de alquiler con chofer por cada 1.000 habitantes que surge de la literatura y dos trabajos del Ministerio de Producción de Argentina [15].

Utilitarios particulares y de carga

En la presente clasificación, el conjunto de vehículos "utilitarios" abarca unidades pequeñas (tipo Kangoo), medianas y hasta "combis" para pasajeros con 19 asientos más el conductor, excluyendo los vehículos particulares. Este universo tiene un uso dispar, desde familiares a la distribución urbana de mercaderías (última milla) o de servicios urbanos e interurbanos de pasajeros.

Según los datos de la DNRPA, casi el 15% de los patentamientos de los últimos 15 años corresponden a este amplio conjunto de unidades. El cual se distribuye en un 57% picks up (Hilux, Ranger, Amarok, etc.), un 33% pequeños utilitarios (Kangoo, Partner, Berlingo, Fiorino y pickups chicas cómo Saveiro y Strada) y el resto a camionetas o minibuses (Sprinter, Master, vito, Daily, entre otras).

El total de utilitarios al año 2019 fue alcanzado aplicando a la flota total estimada por AFAC, el 15% que surge de los registros de la DNRPA. Obteniendo un parque total de utilitarios de 2.124.720 unidades. Las de uso particular, 679.910 y las de carga, 1.444.810.

Camiones livianos y pesados

Para el cálculo de esta categoría primero se estimó la flota global de camiones. Para ello, se tomó la literatura del Ministerio de Producción (2019) para el año 2017 y la actualizó a 2019 usando una variación en la estimación de unidades pesadas de AFAC entre esos dos años. El trabajo con base en consultas con especialistas, cámaras y transportistas también estableció producciones medias y consumos específicos para las unidades típicas de los segmentos "Livianos" y "Pesados en los ámbitos urbanos y ruteros".

Servicios de transporte colectivo de pasajeros

Respecto al cálculo del servicio de transporte de pasajeros, el estudio diferenció dos tipos. En primer lugar, los servicios regulados subsidiados, a los cuales se pudo acceder con las variables clave para la estimación del consumo de combustible (gasoil) y unidades. Dicha información se analizó en conjunto a entrevistas con diversos especialistas, cámaras, empresas transportistas y funcionarios. En segundo lugar, para los servicios no regulares urbanos e interurbanos de las diversas jurisdicciones, los registros eran mucho más incompletos y dispersos. En este segmento el estudio tomó dos registros administrados por la Comisión Nacional de Regulación del Transporte (CNRT) : 1) el Registro de Operadores de Oferta Libre y por el otro 2) el Registro de Operadores de Servicios de Transporte para el Turismo.

2.2 Movilidad eléctrica-vehículos eléctricos

En el presente apartado se presenta la flota de vehículos 100% eléctricos y eléctricos no enchufables que existen hoy en el parque automotor argentino. Es importante destacar que se dio una interesante variación interanual entre el 2019 y el 2020, con un incremento de 848 unidades, lo que representa un aumento del 53% de un año a otro.

Cabe mencionar, sin embargo, que la participación de vehículos eléctricos en el parque automotor Argentino continúa siendo muy pequeña en términos de escala.

Tabla 8 Flota de vehículos 100% eléctricos y eléctricos no enchufables

Argentina 2020		Vehículos 100% eléctricos					Vehículos híbridos no – enchufables				
		Livianos		Pesados		Total	Livianos		Pesados		Total
Año	Mes	Motos	Utilitarios	Carga	Pasajeros		Motos	Utilitarios	Carga	Pasajeros	
2019	Total		13		18	31		1,535			1,535
2020	Enero		2					273			
	Febrero		6					125			
	Marzo		0					114			
	Abril		0					20			
	Mayo		0					73			
	Junio		1					380			
	Julio		1					368			
	Agosto		9					238			
	Septiembre		5					154			
	Octubre		2					186			
	Noviembre		2					264			
	Diciembre		5					155			
	Total		33					2,350			2,383

Elaboración propia . Fuente: Siomaa -Acara.[7]

Ventas 2020

Respecto a ventas de todos los vehículos (incluidos los eléctricos), según ACARA (Asociación de Concesionarios de Automotores de la República Argentina), en el año 2020 se patentaron un total de 342.474 vehículos, un 25.5% menos que en 2019. En el último mes del año se patentaron 20.580 unidades, representando un 41% menos que en noviembre (lo cual suele explicarse, por la costumbre de las personas de obviar diciembre, y adquirir un nuevo vehículo en enero a fin de que sea 1 año más moderno). Sin embargo, esas 20.580 unidades son un 3,6% menos que las de diciembre 2019, lo que se explica por un año marcado por una crisis sanitaria y económica.

Las expectativas del sector para el año 2021, son de mejora, con un horizonte de aproximadamente 450 mil vehículos vendidos, aunque dadas las circunstancias globales y locales no se puede afirmar que estas metas sean alcanzadas.

Ventas eléctricos e híbridos 2020

Como se mencionó anteriormente, en el 2020 se patentaron 2.350 vehículos híbridos y 33 unidades 100% eléctricas, alcanzando un total de 2.383 vehículos electrificados, un 54% más de lo que se había vendido en 2019. Toyota fue la marca que lideró las ventas con el modelo Corolla Hybrid que fue el más vendido. Siguen vigentes los decretos que benefician la importación de este tipo de vehículos (331/2017 y 230/2019) que otorgan aranceles preferenciales para la importación. Dado que todos los vehículos que se ofrecen en el país son producidos fuera del Mercosur – excepto justamente el Toyota Corolla Hybrid que viene del Brasil.

Incentivos y cupos disponibles para vehículos y cargadores eléctricos

En la actualidad, la participación de vehículos eléctricos en el parque total es muy baja, como se se dijo anteriormente. Una de las principales causas es la gran diferencia de precios entre dichos vehículos y los de combustión interna. Para reducir el tamaño de esta brecha, en el año 2017 el Gobierno Argentino promulgó el decreto 331/2017 que establece alícuotas reducidas del derecho de importación extrazona de vehículos de bajas emisiones, esto es automóviles híbridos, eléctricos y a celdas de combustible de hidrógeno. De manera análoga en enero de 2018 se lanzó el decreto 51/2018 para reducir los impuestos de importación extrazona a ómnibus eléctricos y cargadores de VE.

En consecuencia, las alícuotas para **vehículos livianos** de bajas emisiones importados bajaron de 35% a 5% para vehículos completamente armados, y a 0% para semi-desarmados o completamente desarmados. Y para los buses quedó un 10% para la importación de ómnibus eléctricos totalmente armados, o del 0% en caso de que se cuente con un plan de producción local. Para el caso de los cargadores, el Arancel Externo Común (AEC) de 18% fue reemplazado por una alícuota de 2%.

En su lanzamiento, el decreto fijó un plazo del beneficio de 36 meses y un límite máximo de 6.000 unidades, con cupos asignados trimestralmente. Respecto a buses y cargadores los cupos eran de 350 para ómnibus y 2.500 para cargadores. Para el año 2021 el cupo fue 1.000 unidades, para vehículos, dividido en dos lotes de 500.

Vale la pena analizar en este aspecto, el impacto de los beneficios establecidos, a continuación, la distribución de cupos y de solicitudes entre julio 2018 y enero 2020. Y el primer cupo 2021 de 500 unidades.

Tabla 9 Distribución de cupos y solicitudes entre julio 2018 y enero 2020

Solicitante	Modelo	Tipo	Jul-Ene	Ene - Jul	Jul-Ene 2019	Ene-Jul	Jul-Ene 2020	Subtotal
	BYD e5	VE	-	-	20	-	-	20
Toyota	Lexus*	HEV	-	-	53	85	97	235
	Prius	HEV	313	392	30	71	1	807
	Rav4	HEV	-	-	-	842	486	1328
	C-HR	HEV	-	-	-	-	77	77
Renault	Kangoo	VE	-	54	35	22	3	114
Mercedes Benz	GLC350	PHEV	-	-	35	-	-	35
	C200	HEV	-	-	-	-	3	3
	EQC 400	VE	-	-	-	-	1	1
	GLE 450	HEV	-	-	-	-	3	3
Nissan	Leaf	VE	-	-	-	38	20	58
Ford	Mondeo	HEV	-	-	-	105	109	214
	Kuga	PHEV	-	-	-	-	179	179
	Audi A6	PHEV	-	-	-	-	37	37
	Audi A7	HEV	-	-	-	-	5	5

Fuente: Boletín Oficial, Infoleg. Dec 331/2017 y Dec 51/2018

Tabla 10 Primer cupo 2021 de 500 unidades para vehículos eléctricos e híbridos importados

Marca	Modelo	Unidades
Ford Argentina	Kuga Hybrid	100
Mercedes-Benz Argentina	GLC 300e 4Matic	33
Renault Argentina	Kangoo ZE	12
	Zoe	6
Volkswagen Argentina	Audi A6 Sedán MildHybrid	10
	Audi A6 Allroad MildHybrid	9
	Audi A7 Sportback MildHybrid	1
	Audi Q7 MildHybrid	22
	Audi Q8 MildHybrid	15
	Audi E-Tron	12
Toyota Argentina**	Toyota Rav4 Hybrid	106
	Toyota C-HR	57
	Lexus UX250h	82
	Lexus NX300h	25
	Lexus RX450h	9
	Lexus GS 450H	1

Fuente: INFOLEG Infoleg. Dec 331/2017 y Dec 51/2018

Si se observa la cantidad de cupos solicitados sobre cupos existentes entre el 2018 y 2020, encontramos un excedente del 35% para vehículos, un 74% para buses (sólo se solicitaron 30) y un 95% para cargadores. En cambio para el 2021, la totalidad de los primeros 500 cupos fue solicitada, que podría indicar una estrategia de ventas de vehículos eléctricos más consolidada por parte de las concesionarias.

En la misma línea, es clave observar la matriz energética de cada país, ya que en el caso de Argentina la demanda incremental de energía eléctrica directa, requerida para la alimentación de los vehículos eléctricos a gran escala implicaría un desafío adicional por la potencial necesidad de aumentar la participación de energías renovables. Cabe destacar que si bien argentina se encuentra en un proceso de transición para aumentar la participación de energías renovables en su matriz energética, hoy en día es preponderantemente térmica [1].

2.3 Inventario de cargadores

No existe una fuente oficial que recopile la información oficial respecto de la infraestructura de carga y la instalación de cargadores en el país.

Consultadas fuentes del sector privado que trabajan la temática, nos informaron que la estimación existente para el país es del orden de 40 cargadores rapidos de 40 a 50 kw de potencia, y que para la carga privada se concidera un cargador lento por cada vehiuclo electrico enchufable vendido. En el caso de Argentina, se acercaría a 50 cargadores privados. Respecto a la carga de pesados o transporte público, se estima 1 cargador doble en CABA para los buses de la linea 59 de 150kw. Y luego en Mendoza, el numero de cargadores estimado es de 4 de alta potencia. Haciendo un total de 5 cargadores rápidos.

Tabla 11 Inventario de cargadores en Argentina

Total cargadores												
		Vehículos ligeros						Vehículos pesados				
		Privados		Públicos			Total	100k Wm	150 kW	300k W	450k W	Total
Año	Mes	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 2	Carga rápida	Carga ultra rápida						
2019	Total								5			5
2020	Total	50			40		50					
2021	Total											

Fuente: elaboración propia

Para empezar a comprender el escenario actual de la carga de VE, es necesario clarificar tres conceptos que a menudo se mezclan y pueden generar confusión. Estos son:

- **Tipos de carga:** hacen referencia a la potencia de carga instalada de los cargadores y por ende, dependiendo del tipo y tamaño del vehículo a cargar o su capacidad de carga y el tiempo de carga del VE. Se los suele clasificar en carga lenta (6 a 8 horas de carga con una potencia entre 2 a 8 kW), carga semi-rápida, rápida o ultrarápida (1-2 horas con 40 a 50 kW de potencia) y *flash charging* (1/2 hora o menos de 150 kW de potencia). Para una capacidad de energía dada, a medida que disminuye el tiempo de carga, aumenta la potencia del cargador. Esto trae acompañados cambios en el tipo de conexión del cargador, los voltajes de operación y el tipo y amperaje de corriente requerido; requerimientos técnicos que impactan en la capacidad de la red eléctrica que alimenta al cargador.

Ilustración 5 Automóvil Club Argentino Godoy Cruz 3111 Palermo



Fuente: Fotografía de Leonardo Iannuzzi. Noviembre 2020

- **Modos de carga:** tienen que ver con el nivel de comunicación y protección entre el vehículo y el cargador (si lo hay) o la red eléctrica. El nivel de comunicación afecta el control que se puede tener sobre el proceso de carga. Existen cuatro modos de carga:
    - *Modo 1:* En este modo no hay un cargador. La conexión se realiza directamente entre el VE y la red eléctrica, sin comunicación, utilizando un enchufe doméstico. El problema de este modo de carga radica en que no posee seguridad intrínseca, con lo que depende enteramente de la seguridad de la instalación eléctrica de la cual se toma la energía. Por esta razón, está prohibido en varios países, incluido Argentina.
    - *Modo 2:* Conexión a través de un cable de carga con un gabinete de control piloto que verifica la conexión correcta del VE con la red. En este modo, tampoco hay un cargador, pero el cable lleva un sistema de protección incluido y un interruptor diferencial. Evita una mala conexión del vehículo a la red, activando o desactivando la carga.
    - *Modo 3:* Conexión utilizando un cargador y un cable de carga que incluye hilo piloto de comunicación integrado. El cargador contiene los dispositivos de control y protecciones eléctricas. El mismo detecta la conexión con el vehículo y monitoriza la carga.
    - *Modo 4:* Al igual que en el modo 3, involucra un cargador fijo y un cable de carga con comunicación con el vehículo, pero en este caso el cargador entrega corriente continua al vehículo eléctrico. Existe un grado elevado de comunicación entre el VE y el cargador, el cual tiene las protecciones eléctricas incorporadas.
- **Tipos de conectores:** se trata del tipo de "enchufe" utilizado para conectar el VE a la red o al cargador. No existe un estándar único internacional, sino que existen conectores aceptados y usados por determinados mercados regionales; y dentro de una región, pueden variar con el tipo de carga. Esto hace que en el mercado global exista una gran diversidad de conectores disponibles. Esto se trasladó a los VE cuando comenzó su producción, y dado que hoy no existe un consenso general respecto a uno o dos tipos de conector (como sí ocurrió eventualmente con los *smartphones*).

El hecho de que el tipo de conector sea distinto según la región o fabricante no trae problemas en lo que se refiere a la carga doméstica, ya que los VE suelen comprarse con los conectores necesarios para poder ser cargados desde el hogar o "punto de descanso" del vehículo. Dicha carga generalmente es del tipo de carga lenta, fácilmente acoplable a la instalación eléctrica del inmueble ya existente. El problema surge cuando se quiere desplegar una red de carga pública, para facilitar la carga de los diferentes vehículos en diversos puntos de la ciudad.

El principal tipo de conector utilizado por las automotrices en Europa es el Tipo 2. Este permite tanto la carga lenta como la semi-rápida, y actualmente está desplazando del mercado

a los cargadores tipo 3. El análogo al Tipo 2 en Estados Unidos (EE.UU.) es el Tipo 1, el cual permite únicamente carga lenta. En un esfuerzo por incorporar la carga rápida a estos conectores sin cambiar sustancialmente el sistema, surgen los CCS Combo 1 y 2, los cuales básicamente agregan los pines necesarios a conectores Tipo 1 y Tipo 2 para posibilitarles la carga rápida por corriente directa.

De las industrias japonesas surgió el conector tipo CHAdeMO de carga rápida, el cual fue adoptado también por Europa y EE.UU. Así también, en Japón se utilizan algunos de los conectores utilizados en Europa y EE.UU. Por otra parte, China decidió utilizar un tipo de conector especial en su territorio, el GB-T, el cual únicamente es utilizado en ese país y permite carga semi-rápida y rápida. Dada la preponderancia del mercado chino en el mercado de VE, algunos esperan que el conector GB-T comience a ser utilizado también en el resto del mundo.

Por último, también vale la pena mencionar el caso del conector de los vehículos Tesla. La automotriz estadounidense decidió utilizar su propio tipo de conector para sus vehículos en vez de acoplarse a los conectores utilizados por el resto de las automotrices ya presentes en el mercado. Sin embargo Tesla ofrece el Modelo 3 con un conector CCS2 para el mercado europeo y brinda adaptadores para los conectores de sus modelos previos S y X.

Una segunda problemática que surge con la infraestructura de carga pública es la manera en que se cobra el servicio. Las estaciones de carga en muchos puntos del mundo trabajan con un sistema de suscripción. El usuario debe registrarse para acceder a las estaciones de carga de una determinada cadena, y se le asigna una tarjeta o chip que debe usar para habilitar el punto de carga. A medida que surgen diversos competidores en el mercado, el usuario se ve obligado a contar con más de una suscripcióny método de acceso a los puntos de carga.

Es importante destacar que la interoperabilidad de carga o de la red de cargadores se refiere a la posibilidad de cargar cualquier VE en cualquier punto de carga, así como también el uso de un sistema de pago y/o gestión de la carga de VE común. Por lo tanto al elegir la tecnología de carga y cobro se debe tener cuidado de evitar la sobrerregulación que termine por inhibir el desarrollo tecnológico en el mercado de cargadores. En este sentido toda normativa que se desarrolle y despliegue a futuro debería apuntar a brindar un horizonte predecible, tanto para el usuario como al sector privado a cargo de la instalación de infraestructura de carga.

A principio de 2017, YPF anunció su intención de instalar 200 cargadores en 110 estaciones de servicio. Por el momento, sin embargo, la empresa únicamente instalo dos estaciones de carga en CABA, a través de la empresa QEV Argentina que aún no se encuentran en funcionamiento. Por otra parte, la empresa Axion Energy se asoció con la italiana ENEL e inauguro en diciembre de 2018 y julio de 2019 sus primeras dos estaciones de carga eléctrica públicas en la ciudad de Buenos Aires y julio de 2019. Estas si se encuentran en funcionamiento prestando un servicio de carga gratuito.

El año pasado también se inauguraron tres puntos de carga en la Autopista de las Serranías Puntanas en San Luis. En este caso, la instalación surgió de una iniciativa provincial por formar el primer corredor eléctrico del país. Los puntos de carga se encuentran distribuidos a lo largo

de los 200km que tiene el corredor y cada uno cuenta con dos estaciones de carga. De manera similar, Santa Fe inauguró en mayo de 2019 el segundo corredor eléctrico en la ruta que une las ciudades de Santa Fe y Rosario. Este tiene una traza de 157 km a lo largo de los cuales se distribuyen cuatro puntos de carga. Así también, la empresa distribuidora de electricidad de Córdoba, EPEC, instaló recientemente dos puestos de recarga gratuitos en la ciudad. A estos puntos de carga también se van sumando puntos de carga semi-públicos en supermercados, oficinas, shoppings, etc., pero a un ritmo lento, dado que la demanda aun es insignificante, y por otra parte, aun no existe una normativa que regule el mercado de la carga de VE [10].

La interoperabilidad de las estaciones de carga de VE

Teniendo en cuenta que existe en el mercado de la movilidad eléctrica una gran diversidad de conectores y sistemas de tarifa para la carga de VE, resulta necesario encontrar la mejor forma de desarrollar la infraestructura de carga del país.

El hecho de que Argentina sea un país “rezagado” en términos de movilidad eléctrica, le da la oportunidad de aprender de experiencias en países más avanzados. De esta manera surge el interés por planificar desde un primer momento una red de carga fácil de utilizar para el usuario y que, idealmente, permita la recarga de cualquier VE en cualquier estación del país.

La disposición de las baterías de los VE al final de su vida útil bajo criterios de economía circular

La contracara de la movilidad eléctrica es la producción de baterías de ion-litio (BIL, por sus siglas en inglés), las cuales requieren de un tratamiento especial al final de su vida útil. La incorrecta disposición de las BIL conlleva resultados similares a la incorrecta disposición de las baterías convencionales: contaminación de suelos, de afluentes y reservorios hídricos, o de la atmósfera.

Resulta de primordial interés, por lo tanto, planificar un proceso de reutilización, por ejemplo, como medio de almacenamiento estacionario de energía eléctrica; y estar preparados para el momento en el que dichas baterías lleguen al final de su vida útil en Argentina, de manera que encuentren un destino final apropiado luego de ser aprovechadas al máximo.

2.4 Suministro de hidrógeno

Aspectos tecnológicos para considerar la transición al hidrógeno en el transporte

El uso de buses eléctricos implica cambios tecnológicos relevantes para la unidad de transporte, dado que se abandona definitivamente el uso del motor a combustión interna tipo diésel o a gasolina reemplazándolo por un motor eléctrico alimentado directamente por baterías eléctricas o por celdas o pilas de combustible (fuel cell en inglés) alimentadas con hidrógeno gaseoso comprimido, como es el caso que se describe sucintamente más adelante.

Cabe destacar que existe una interesante competencia tecnológica entre los motores eléctricos de baterías versus los motores eléctricos de celdas de combustible de hidrógeno por el aumento de la autonomía.

La ventaja de los vehículos eléctricos de celdas de hidrógeno respecto de los a batería radica en la capacidad del hidrógeno de almacenar mayor cantidad de energía en menor peso. Para duplicar la autonomía, el hidrógeno debiera comprimirse más aumentando un 15% su peso, a diferencia del caso de las baterías eléctricas, debiera duplicarse el peso de las batería [16] [17].

Tecnologías para la producción del hidrógeno a nivel mundial

Las tres tecnologías más utilizadas para la obtención de hidrógeno a escala industrial en la actualidad son:1) reformado de gas natural (aproximadamente 95% de la producción mundial del hidrógeno), 2) electrolisis del agua y 3) gasificación de hidrocarburos o de biomasa sólida (el 5% restante) [18]. En la Ilustración 6 se muestran esquemáticamente estas alternativas tecnológicas más utilizadas para la producción de hidrógeno.

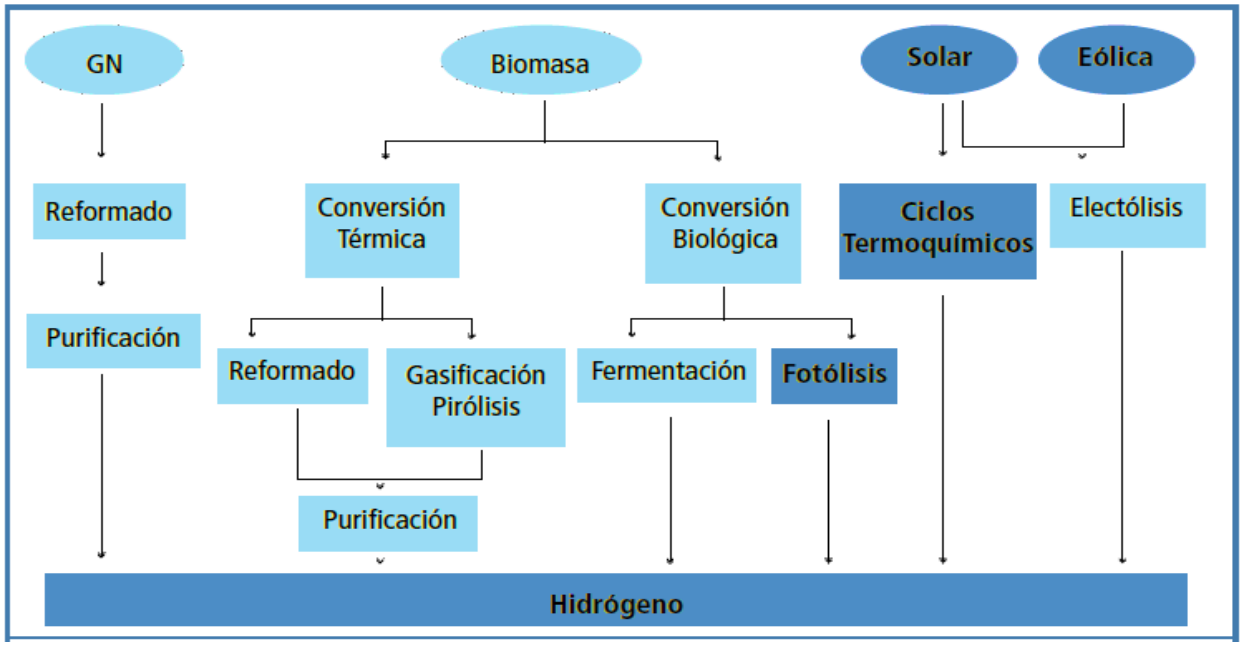
La producción de hidrógeno puede generar altos niveles de emisiones de CO_{2eq} de forma directa e indirecta tanto en la obtención de la materia prima como en su proceso productivo.

Las emisiones GEI para la producción de hidrógeno, pueden verse reducidas utilizando materia prima renovable, como por ejemplo la biomasa o energía eléctrica de fuentes renovables; asi como por la captura de CO_2 de la etapa del proceso productivo.

Al hidrógeno derivado de fuentes renovables de materia prima o energía eléctrica se lo suele denominar “hidrógeno verde” [19]; al que se obtiene de una fuente fósil de materia prima pero que logra la captura de CO_2 se lo denomina “hidrógeno azul”; y al hidrógeno derivado de una materia prima fósil sin captura de CO_2 en el proceso productivo, se lo denomina “hidrógeno gris” [19] [20] [21] [22] [23] [24] [25] [26] [27] [28] [29] [30] [31] [32].

La producción y consumo de hidrogeno verde es el gran desafío para la futura movilidad eléctrica de Argentina.

Ilustración 6 Rutas y alternativas tecnológicas para la producción de hidrógeno a gran escala

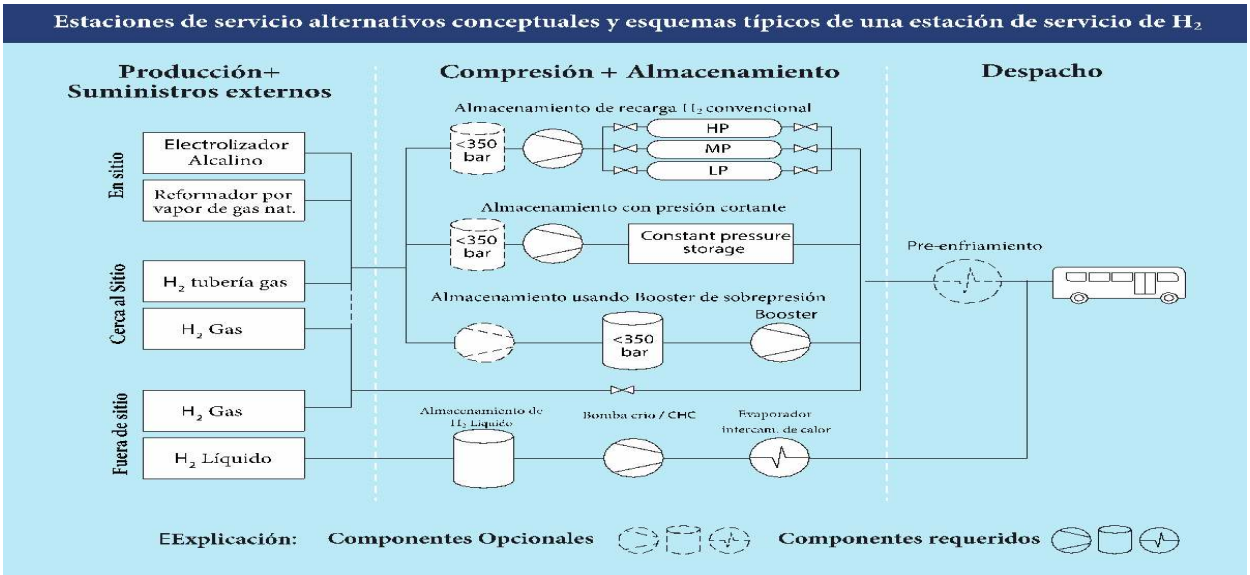


Fuente: Tomado de Laborde et al [18]

Abastecimiento de hidrógeno

Existen diversas vías para el abastecimiento de hidrógeno, como se puede ver en la siguiente ilustración, en la que se aprecian tres etapas: la de producción y transporte, la de compresión y almacenamiento y la de despacho o abastecimiento o carga directa en los vehículos [33] [30].

Ilustración 7 Alternativas tecnológicas para la producción, transporte y suministro del hidrógeno a gran escala para buses. Estudio del NBF Project de la Unión Europea



Fuente: Adaptación de *"New bus refuelling for european hydrogen bus depots"* (2017) [33] [30]

La etapa de producción puede darse en plantas de gran escala o en plantas pequeñas, denominadas “hidrogeneras”. Las plantas de gran escala, tienen una producción del orden de 10,000 toneladas de hidrógeno por año que podrían alimentar 1,000 buses al año [30].

Para su transporte, el hidrógeno puede ser comprimido y criogenizado, para luego ser transportado en camiones criogenizados a la estación de suministro o de servicio para ser regasificado y abastecido comprimido, en una presión de 350 bar para buses y a 700 bar para vehículos de pasajeros o livianos [30].

Otra opción de transporte, es por gasoductos [38]; luego el mismo se comprime a 350 bar o 700 bar para abastecer a los vehículos de celdas de combustible. Sin embargo, esta no es la opción más usada al momento para abastecer la movilidad eléctrica, debido a la necesidad del gran despliegue de infraestructura de gran escala.

La otra opción, hoy día más habitual, utilizada para el abastecimiento de escalas pilotos (abastecimiento de 5 a 10 buses/por año) o pequeñas escalas de cantidad de buses (estaciones de 10 a 50 buses/por año), es la instalación de *hidrogeneras* que incluyen la producción, la compresión y el despacho en una misma unidad compacta. Estas unidades, dependiendo de la escala de abastecimiento, pueden caber en un contenedor de 24 pies y un espacio de maniobrabilidad de 150 metros cuadrados, o por ejemplo, en una gran estación de suministro de hidrógeno cuya dimensión puede compararse a una gran estación de servicio, como aquellas conocidas en nuestro país que abastecen gas natural comprimido a gran escala.

Sin embargo, para la movilidad eléctrica en Argentina, tanto la demanda de parte de los vehículos de celdas de combustible, como la oferta de hidrógeno comprimido para la alimentación de estos, es hoy día inexistente. Esto abre el enorme desafío y potencial para la producción de hidrógeno de fuentes renovables o “hidrógeno verde, como tambien para el desarrollo de plantas de producción a pequeña y gran escala, y como así también las cadenas tecnológicas para abastecer la demanda.

2.5 Inventario de proyectos

Se presentan a continuación los casos de las provincias que lideran las pruebas piloto o iniciativas de proyectos de movilidad eléctrica, principalmente en el transporte público de pasajeros. También se hace mención de una iniciativa del sector privado que busca apoyar la aceleración en la adopción de la movilidad eléctrica en el país mediante estudios, proyectos y propuestas legislativas.

Mendoza

Mendoza cuenta desde mediados del año 2019 con18 colectivos eléctricos, convirtiéndose en la principal flota de buses eléctricos del país que presta servicios regulares fueron fabricados por la compañía BYD modelo K9 y distribuidos por Andesmar, y 6 por la firma Zhongtong, presentada a través de la empresa Corven, ambas de origen extranjero.

Estas 18 unidades dan servicio en la red troncal del sistema urbano de transporte público de pasajeros de la ciudad. La gestión, coordinación y administración del sistema de transporte en la provincia la realiza la Sociedad de Transporte Mendoza, que opera las líneas troncales estructurantes del Sistema Intermodal de Transporte que se denomina MendoTRAN.

Estas unidades son de piso bajo, con dos motores eléctricos en paralelo, tienen 12 metros de largo, con sistema de climatización frío-calor y con tres puertas laterales de acceso. Tienen una capacidad mínima de 26 pasajeros sentados y 57 parados, junto al espacio reservado para sillas de ruedas. Estos buses utilizan baterías de hierro fosfato y poseen freno regenerativo, lo que permite recuperar energía en las baterías al frenar. La autonomía de cada colectivo es de 250 kilómetros, se cargan todos al mismo tiempo una sola vez, durante la noche, y prestan el servicio durante el día.

Los fondos para su adquisición fueron aportados por el gobierno provincial. El costo fue de 400 mil dólares por unidad y 15 mil dólares por cada cargador. Estos valores representan un valor aproximadamente tres veces mayor a los de la adquisición de un bus diésel. Razón por la cual, si bien está demostrado que los costos operativos son más bajos y se generan externalidades muy positivas, la diferencia del costo de adquisición aún es muy grande.

Además, la provincia cuenta con 5 unidades de trolebuses, los cuales son de fabricación nacional marca Materfer Águila, con una antigüedad promedio de 9 años y un estimado de recorrido anual por unidad de 65.000 km[42].

CABA

Si bien Mendoza presenta la flota de buses más grande que opera en un sistema de transporte público con servicios regulares, la experiencia de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires es quizás la más poderosa debido a varios factores. Por un lado, la potencialidad que tiene en su expansión, ya que en la región del AMBA (Área Metropolitana de Buenos Aires) es donde se encuentra más de 1/3 de la población y parque vehicular del país. Por tener la red de transporte público y pasajeros más densa del país, y una complejidad de articulación que vincula a 3 gobiernos (Nacional, provincial y de la Ciudad de Buenos Aires). Al mismo tiempo, es la experiencia de mayor relevancia también por la información recopilada respecto a su prueba piloto.

En la Ciudad de Buenos Aires desde el 17 de mayo de 2019 hasta el 16 de mayo de 2020 estuvieron circulando dos autobuses eléctricos como parte de la flota de la Línea 59. Ambos eran de marca Yutong, modelo ZK6128BEVG el cual posee una carga lenta y una capacidad de 324kWh. Las unidades poseían una autonomía estimada por el fabricante de 250 km.

La empresa ENEL, controlante de Edesur, aportó la infraestructura para las estaciones de carga en la cabecera de la línea 59, con una potencia nominal de 150 kW (la potencia contratada a la empresa distribuidora es de 170 kW).

Respecto de esta prueba piloto, la evaluación técnica y operativa llevada a cabo por la Secretaria de Transporte de CABA arrojó que el consumo promedio para ambos buses durante todo el periodo fue de 1,01 kWh/km.

Considerando las pérdidas inherentes al proceso de carga de un 13,6%, el consumo real desde el cargador fue de 1,17 kWh/km [43] Se obtuvieron autonomías mínimas de 223 y 195 km. Tras un año de operación, las baterías de una unidad se habían reducido su capacidad en un 2,7%, mientras que la de la otra en un 4,1%. Estas diferencias fueron atribuidas, al menos en parte, a la forma de conducción.

Durante lo 10 meses de operación se redujo la emisión de 140,2 Toneladas CO_{2eq} mensuales a 53,6 Toneladas $CO_{2eq.}$

Acerca de la evaluación económica del proyecto, el diferencial de costos de los buses eléctricos con respecto a los buses diésel fue de USD 331.060. Para equiparar condiciones, se debería entregar un subsidio en la compra de 43,0% del valor actual del bus eléctrico [34].

La principal diferencia es la alta inversión y el costo financiero asociado a ella [35].

Gráfico 2 Diferencial de costos por tecnología de la evaluación de factibilidad financiera en escenarios de base



Fuente: Secretaría De Transporte CABA

Es importante destacar que en las conclusiones de la evaluación se observó que los buses han cumplido de manera satisfactoria la operación, tanto en lo que refiere a pasajeros transportados como a kilómetros recorridos. La sostenibilidad de este resultado está sujeta a la posibilidad de recarga durante el día, ya que se espera una autonomía decreciente por la

degradación de la batería. Esta tecnología tuvo una buena recepción entre los pasajeros y conductores.

Las principales variables que afectan el consumo de energía, para las condiciones de operación en Buenos Aires, son:

- el estilo de operación del conductor
- la temperatura ambiente
- la cantidad de pasajeros transportados
- la velocidad media del viaje

Se concluye que para obtener un proyecto rentable de recambio de buses eléctricos sobre diésel es necesario considerar incentivos económicos, dado que si bien los costos variables son ampliamente menores, la inversión inicial resulta una barrera importante.

Santa Fe

En octubre de 2018 fue sancionada la ley Provincial 13.781 con el objetivo de fomentar la industrialización y tecnologías sustentables en la provincia, así como promover el desarrollo del mercado de VE. La ley declara de interés provincial *"la progresiva incorporación de vehículos eléctrico y con tecnologías de energías alternativas*" y propone crear un Plan Provincial de Impulso a la Movilidad Eléctrica [36].

Entre otros incentivos económicos, se encuentran:

- exención de pago de patentes para vehículos fabricados o con un mínimo de integración en la provincia,
- exención de pago de ingresos brutos en su comercialización,
- tarifas promocionales de electricidad destinada al uso del transporte público de pasajeros,
- tarifa con discriminación horaria para VE destinados al transporte público y privado.

En mayo de 2019, la provincia inauguró un corredor de recarga eléctrica que unía la ciudad de Rosario y la ciudad de Santa Fe Capital. El proyecto fue impulsado por EPE (Empresa Provincial de la Energía de Santa Fe), que es una de las distribuidoras eléctricas más importantes de la República Argentina, abasteciendo a más de 1.300.000 de clientes distribuidos en 101.000 Km^2.

La conexión abarca 157 kilómetros de longitud [37] [38] [39], cuenta con cuatro estaciones de carga para vehículos eléctricos: uno en EPE Rosario, otro en EPE Santa Fe y dos en la autopista, en donde los propietarios de vehículos eléctricos podrán abastecerse de energía eléctrica de manera gratuita.

Vale la pena resaltar que la empresa que llevó a cabo la obra de infraestructura de recarga comunicó tener planes de mediano y largo plazo para expandir la red de recarga. Manifestaron que para 2021 se proyecta desarrollar los corredores viales entre la provincia de Santa Fe y Buenos Aires, Córdoba y Entre Ríos. Para 2022, el objetivo es abarcar todas las arterias viales principales, dotando a toda la provincia de puntos de carga sobre rutas y autopistas, conectando todas las provincias limítrofes. De 2023 en adelante, se encontrarán desarrollados y asentados todos los puntos de carga privados y los privados de acceso público, donde los particulares contarán con un marco legal, técnico y comercial para desarrollar su actividad principal y brindar a sus clientes el servicio de recarga de vehículos eléctricos.

Neuquén

La Ciudad de Neuquén también dio un paso en el fomento de la movilidad alternativa con la modificación de la Ordenanza 10.383. Dicha modificación se aprobó en mayo de 2019 y dicto que los propietarios de vehículos híbridos, eléctricos y a hidrógeno radicados en la ciudad están exentos del pago de patente. Al mismo tiempo, se propuso el estudio de crear un fondo que generaría al gobierno provincial ingresos para fomentar la movilidad sustentable mediante dos caminos: uno, aumentar la tasa de patentamiento un 0,25% en los vehículos que generaran mayores niveles de contaminación, o la otra destinar un porcentaje de las regalías petroleras que percibe la provincia.

En 2019, inauguraron el primer cargador eléctrico ubicado en el Centro Administrativo Ministerial (CAM), y en octubre 2020, Enel colocó puntos de carga en Caviahue y el otro en Zapala.

La red de recarga para los vehículos no tuvo costo porque se adquirieron con donaciones de empresas privadas, y los equipos de carga son del tipo JuiceBox con una tecnología inteligente especialmente para entornos privados y residenciales. La red es compatible con todos los vehículos eléctricos, y los cargadores están disponible con la configuración del cable o del enchufe.

Jujuy

La autoridad de la provincia de Jujuy, junto con la facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de La Plata, informó que comenzará a trabajar en sus talleres para poner en marcha el plan de reconversión de más de 400 unidades a propulsión eléctrica del transporte público de pasajeros de la provincia de Jujuy.

De acuerdo con lo informado por la Universidad y el gobierno provincial, JEMSE, la empresa de energía y minería jujeña que promueve el desarrollo económico de la provincia con alianzas público-privadas, y la Universidad Nacional de La Plata, firmaron un convenio que impulsa el desarrollo y la transferencia de tecnología e ingeniería para la reconversión y el posterior mantenimiento de micrómnibus de transporte de pasajeros. Se trata de un proyecto inédito por su escala, que permitirá aprovechar la potencialidad del litio jujeño.

La primera etapa incluye la reconversión de un bus diésel a eléctrico y la genreación de modelos escalables para la transición eléctrica de la movilidad del transporte público en la Argentina sobre la base del litio jujeño.

Según surge del acuerdo, el Centro Tecnológico Aeroespacial (CTA-UNLP) suministrará el conocimiento para convertir una unidad de transporte público automotor de pasajeros alimentada con baterías de litio. A su vez colaborará en el diseño del taller de reconversión y de la planta de ensamblaje de baterías del parque automotor de transporte de pasajeros de Jujuy.

El proyecto prevé una duración estimada de dos años e incluye el equipamiento y puesta en marcha de un prototipo, que pueda luego ser replicable a escala provincial.

Por otro lado, el CTA se encargará del ensamblado de baterías de litio destinadas a la reconversión de unidades de transporte público automotor de pasajeros, proveyendo el desarrollo tecnológico y la formación de recursos humanos.

La facultad de Ingeniería de la UNLP también realizará el análisis del rendimiento del vehículo bajo distintas condiciones y el diseño de la operación para optimizar su autonomía, teniendo en cuenta los requerimientos de las estaciones de carga. A su vez, se realizará una proyección de operación (carga y descarga) para lograr una meta de durabilidad de baterías de entre 7 a 10 años.

Según las proyecciones del equipo de ingenieros, se estima que la unidad podrá alcanzar una autonomía de 100 km con capacidad de expandirlo a 300 km.

Asociaciones a nivel nacional

Por último, desde el sector privado argentino, se destacan las acciones de AAVEA [39]. Esta surgió de un grupo promotor de vehículos eléctricos y movilidad alternativa que se formó a mediados de 2012 entre varios empresarios y profesionales vinculados a los autos, motos y bicis eléctricas, profesionales del sector energético, científicos y tecnólogos, y público en general.

De acuerdo a su estatuto, la AAVEA tiene como objetivo social fundamental "*promover el desarrollo y la adopción generalizada por la sociedad y los mercados, de vehículos eléctricos y alternativos a los de combustible fósil, y en general todo sistema alternativo de movilidad y transporte en el marco del desarrollo sustentable a largo plazo; integrando lo local con lo regional y global, por el bien común de la sociedad en su conjunto; facilitando la participación de sus asociados en este proceso; promoviendo vínculos y sinergias entre los interesados en estos fines comunes; y desarrollando actividades y estrategias comunes que contribuyan a establecer el marco legal, económico, tecnológico y de conciencia, propicio para alcanzar los objetivos mencionados. Están implicados en la consecución del objeto social, además de los vehículos eléctricos y alternativos, sus componentes básicos y auxiliares, sus sistemas de abastecimiento y acumulación de energía y/o combustible, y la infraestructura de distribución y recarga de energía y/o combustible* [40]*."*

Entre muchas otras actividades de las que participan, se resalta que han realizado propuestas técnicas a organismos de gobierno, presentado proyectos normativos y realizado aportes a proyectos normativos de legisladores.

3. Objetivos establecidos de ME

3.1 Escenarios de ME elegidos en Argentina para 2030

Del análisis posterior realizado sobre los seis escenarios preliminares de Penetración de Movilidad Eléctrica en Argentina (PMEA), el equipo consultor decidió concentrar el estudio de los impactos en tres escenarios a adoptar a partir de los mínimos compromisos que podrían asumirse, derivados de la nueva NDC 2020. Estos escenarios elegidos, se obtuvieron a partir de decenas de corridas y comparaciones con otros modelos de escenarios de penetración de movilidad eléctrica, hasta alcanzar un mínimo de 870.000 ton de CO_{2eq} evitados por todo el parque eléctrico considerado.

Entonces, al no contar con objetivos de movilidad eléctrica específicos, los escenarios de penetración elegidos para posteriores análisis de impacto fueron los siguientes:

- -0,5% de penetración de vehículos eléctricos acumulados entre 2020-2030 del total del parque automotor,
- -1% de penetración de vehículos eléctricos acumulados entre 2020-2030 del total del parque automotor,
- -5% de penetración de vehículos eléctricos acumulados entre 2020-2030 del total del parque automotor.

Los escenarios descritos arriba se calcularon sobre estimaciones previas de la evolución del total del parque automotor, teniendo en cuenta los siguientes criterios principales:

- Evolución lineal del PBI de 2,78% obtenido del Documento Escenario Energético 2030 [1].
- Evolución de las bajas estimadas del total del parque automotor aplicado linealmente para todos los vehículos a una tasa decreciente del 2% con base en el Estudio de Flota PMR-Banco Mundial-2020 [10].
- Tasa Neta de crecimiento del total del parque automotor: 2.78%-2.00% = 0,78% utilizada para el período 2021-2030. En 2020, la tasa neta adoptada es cercana al dato histórico último que fue de 0,25% en 2020 respecto de 2019. Esto se debe a la baja significativa de ventas acontecidas con motivo del impacto económico provocada por la Pandemia de COVID-19. En 2020 se vendieron poco más de 335.000 automóviles cuando los valores históricos entre 2014 a 2019 rondaban de 550.000 a 600.000 vehículos vendidos.

En la tabla 11 siguiente puede apreciarse la evolución estimada del total del parque automotor terrestre entre los años 2020 y 2030.

Tabla 12 Evolución estimada del total del parque automotor terrestre de Argentina entre los años 2020 y 2030

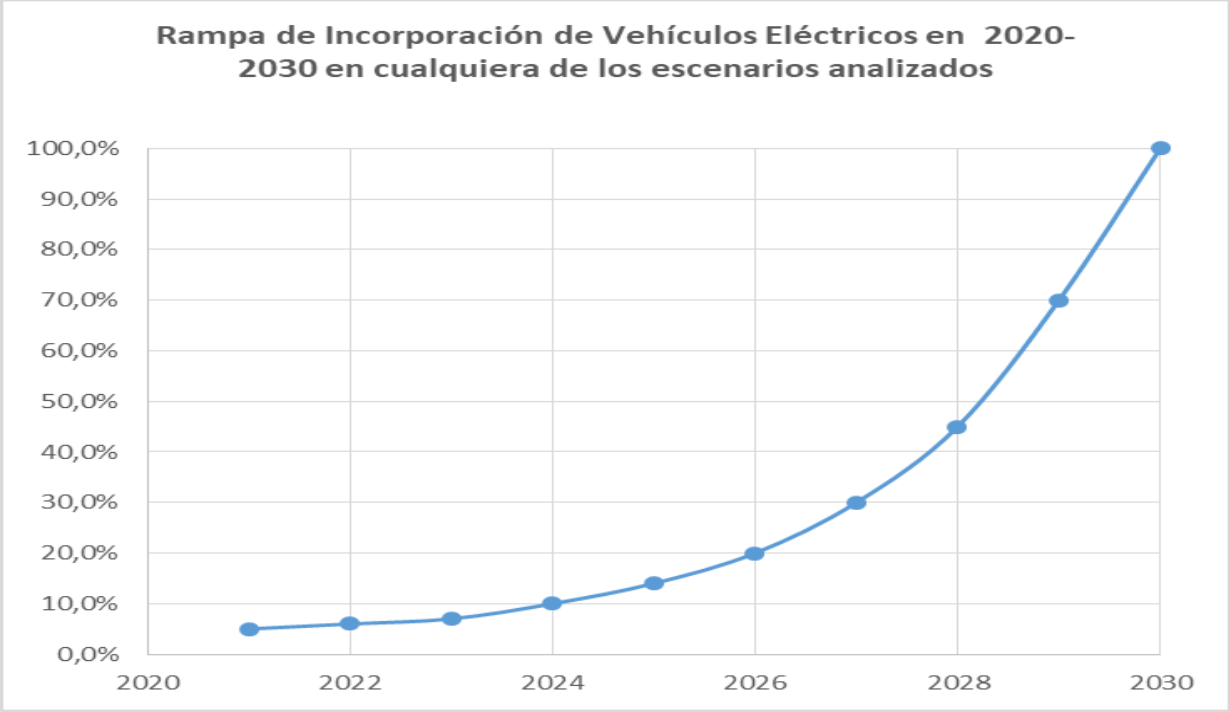
Tipo de Vehículo	Cantidades al 2019 (*) (Estudio PMR-WB 2020)	Crecimiento Anual Neto %	0,25	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78
		2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Motocicletas/Motovehículos	5.405.596	5.405.596	5.419.110	5.461.379	5.503.978	5.546.909	5.590.175	5.633.778	5.677.722	5.722.008	5.766.639	5.811.619	5.856.950
Vehículos Particulares (4 -5 pasajeros)	11.453.615	11.453.615	11.482.249	11.571.811	11.662.071	11.753.035	11.844.709	11.937.097	12.030.207	12.124.042	12.218.610	12.313.915	12.409.963
Vehículos de pasajeros Cautivos (Taxis-Remises)	209.371	209.371	209.894	211.532	213.182	214.844	216.520	218.209	219.911	221.626	223.355	225.097	226.853
Vehículos Utilitarios livianos (Tipo Kangoo)	679.910	679.910	681.610	686.926	692.284	697.684	703.126	708.610	714.138	719.708	725.322	730.979	736.681
Vehículos utilitarios pesados (Tipo Pick Ups-Otros)	1.444.810	1.444.810	1.448.422	1.459.720	1.471.106	1.482.580	1.494.144	1.505.799	1.517.544	1.529.381	1.541.310	1.553.332	1.565.448
Vehículos de Carga Livianos	100.993	100.993	101.245	102.035	102.831	103.633	104.441	105.256	106.077	106.905	107.738	108.579	109.426
Vehículos de Carga Pesados	332.258	332.258	333.089	335.687	338.305	340.944	343.603	346.283	348.984	351.706	354.450	357.214	360.001
Buses Urbanos (Cautivos)	31.640	31.640	31.719	31.967	32.216	32.467	32.720	32.976	33.233	33.492	33.753	34.017	34.282
Buses Interurbanos (Cautivos)	16.371	16.371	16.412	16.540	16.669	16.799	16.930	17.062	17.195	17.329	17.464	17.601	17.738
Totales Anuales	19.674.564	19.674.564	19.723.750	19.877.596	20.032.641	20.188.896	20.346.369	20.505.071	20.665.010	20.826.197	20.988.642	21.152.353	21.317.341

Fuente: Elaboración propia sobre datos de estudio de flota PMR-Banco Mundial 2020 y Escenarios Energéticos 2030 del 2019 de Argentina

Como resultado de dicha proyección, se parte de 19.674.564 vehículos, llegando a un total acumulado de 21.317.341 en 2030.

Sin tener en cuenta el nivel de factibilidad, los resultados de dichas proyecciones se aplicaron a los escenarios de penetración anual de vehículos eléctricos, distribuidos lineal y proporcionalmente en las categorías mencionadas. La tasa de incorporación de vehículos eléctricos en el decenio 2020-2030 analizado, siguió la siguiente rampa de crecimiento, representando una curva de tipo exponencial, donde aproximadamente el 20% del total del acumulado de vehículos eléctricos de un escenario dado, se logra entre los años 2021 al 2026 y el 80% restante entre 2026 al 2030.

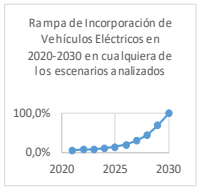
Gráfico 3 Rampa de incorporación de vehículos eléctricos en un escenario dado



Fuente: Elaboración propia

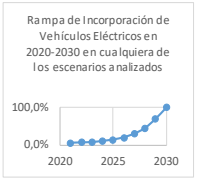
Los resultados de las proyecciones de vehículos eléctricos para cada categoría y para cada escenario elegido se describen en las tres tablas siguientes.

Tabla 13 Evolución anual discreta de vehículos eléctricos con un escenario de 0,5% de penetración acumulados entre 2020-2030 del total del parque automotor

Escenarios de Movilidad Eléctrica en Argentina 2020-2030 Penetración de Vehículos		**0,5%**		2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	
				5,0%	6,0%	7,0%	10,0%	14,0%	20,0%	30,0%	45,0%	70,0%	100,0%	
		Rampa de Crecimiento de Penetración Vehículos Eléctricos		**0,025%**	**0,030%**	**0,035%**	**0,050%**	**0,070%**	**0,100%**	**0,150%**	**0,225%**	**0,350%**	**0,500%**	**Acumulados al 2030**
Tipo de Vehículo	**Cantidades al 2019 (Estudio PMR-WB-2020)**	Crecimiento Anual Neto de la Flota %	**0,25**	**0,78**	**0,78**	**0,78**	**0,78**	**0,78**	**0,78**	**0,78**	**0,78**	**0,78**	**0,78**	
		2019	**2020**	**2021**	**2022**	**2023**	**2024**	**2025**	**2026**	**2027**	**2028**	**2029**	**2030**	
Motocicletas/Motovehículos	**5.405.596**	5.405.596	5.419.110	1.365	275	277	839	1.127	1.703	2.861	4.325	7.265	8.785	**28.822**
Vehículos Particulares (4 -5 pasajeros)	**11.453.615**	11.453.615	11.482.249	2.893	583	588	1.777	2.387	3.609	6.062	9.164	15.392	18.615	**61.070**
Vehículos de pasajeros Cautivos (Taxis-Remises)	**209.371**	209.371	209.894	53	11	11	32	44	66	111	168	281	340	**1.116**
Vehículos Utilitarios livianos (Tipo Kangoo)	**679.910**	679.910	681.610	172	35	35	105	142	214	360	544	914	1.105	**3.625**
Vehículos utilitarios pesados (Tipo Pick Ups-Otros)	**1.444.810**	1.444.810	1.448.422	365	74	74	224	301	455	765	1.156	1.942	2.348	**7.704**
Vehículos de Carga Livianos	**100.993**	100.993	101.245	26	5	5	16	21	32	53	81	136	164	**538**
Vehículos de Carga Pesados	**332.258**	332.258	333.089	84	17	17	52	69	105	176	266	447	540	**1.772**
Buses Urbanos (Cautivos)	**31.640**	31.640	31.719	8	2	2	5	7	10	17	25	43	51	**169**
Buses Interurbanos (Cautivos)	**16.371**	16.371	16.412	4	1	1	3	3	5	9	13	22	27	**87**
		Incremento anual Vehículos Eléctricos		**4.969**	**1.002**	**1.009**	**3.052**	**4.101**	**6.200**	**10.413**	**15.741**	**26.440**	**31.976**	**104.904**
		Total acumulado al año analizado		**4.969**	**5.971**	**6.980**	**10.032**	**14.133**	**20.333**	**30.746**	**46.488**	**72.928**	**104.904**	

Fuente: Elaboración propia

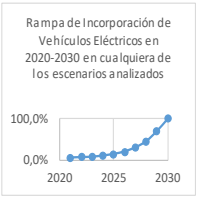
Tabla 14 Evolución anual discreta de vehículos eléctricos con un escenario de 1% de penetración acumulados entre 2020-2030 del total del parque automotor.

Escenarios de Movilidad Eléctrica en Argentina 2020-2030 Penetración de Vehículos		**1,0%**		2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	
				5,0%	6,0%	7,0%	10,0%	14,0%	20,0%	30,0%	45,0%	70,0%	100,0%	
		Rampa de Crecimiento de Penetración Vehículos Eléctricos		**0,050%**	**0,060%**	**0,070%**	**0,100%**	**0,140%**	**0,200%**	**0,300%**	**0,450%**	**0,700%**	**1,000%**	**Acumulados al 2030**
Tipo de Vehículo	**Cantidades al 2019 (Estudio PMR-WB-2020)**	Crecimiento Anual Neto de la Flota %	**0,25**	**0,78**	**0,78**	**0,78**	**0,78**	**0,78**	**0,78**	**0,78**	**0,78**	**0,78**	**0,78**	
		2019	**2020**	**2021**	**2022**	**2023**	**2024**	**2025**	**2026**	**2027**	**2028**	**2029**	**2030**	
Motocicletas/Motovehículos	**5.405.596**	5.405.596	5.419.110	2.731	550	555	1.677	2.254	3.407	5.722	8.650	14.529	17.571	**57.645**
Vehículos Particulares (4 -5 pasajeros)	**11.453.615**	11.453.615	11.482.249	5.786	1.166	1.175	3.553	4.775	7.218	12.124	18.328	30.785	37.230	**122.140**
Vehículos de pasajeros Cautivos (Taxis-Remises)	**209.371**	209.371	209.894	106	21	21	65	87	132	222	335	563	681	**2.233**
Vehículos Utilitarios livianos (Tipo Kangoo)	**679.910**	679.910	681.610	343	69	70	211	283	428	720	1.088	1.827	2.210	**7.251**
Vehículos utilitarios pesados (Tipo Pick Ups-Otros)	**1.444.810**	1.444.810	1.448.422	730	147	148	448	602	911	1.529	2.312	3.883	4.696	**15.407**
Vehículos de Carga Livianos	**100.993**	100.993	101.245	51	10	10	31	42	64	107	162	271	328	**1.077**
Vehículos de Carga Pesados	**332.258**	332.258	333.089	168	34	34	103	139	209	352	532	893	1.080	**3.543**
Buses Urbanos (Cautivos)	**31.640**	31.640	31.719	16	3	3	10	13	20	33	51	85	103	**337**
Buses Interurbanos (Cautivos)	**16.371**	16.371	16.412	8	2	2	5	7	10	17	26	44	53	**175**
		Incremento anual Vehículos Eléctricos		**9.939**	**2.003**	**2.019**	**6.104**	**8.202**	**12.399**	**20.826**	**31.483**	**52.881**	**63.952**	**209.808**
		Total acumulado al año analizado		**9.939**	**11.942**	**13.961**	**20.065**	**28.267**	**40.666**	**61.492**	**92.975**	**145.856**	**209.808**	

Fuente Elaboración propia

Tabla 15 Evolución anual discreta de vehículos eléctricos con un escenario de 5% de penetración acumulados entre 2020-2030 del total del parque automotor

Escenarios de Movilidad Eléctrica en Argentina 2020-2030
Penetración de Vehículos



5,0%

Tipo de Vehículo	Cantidades al 2019 (Estudio PMR-WB-2020)			2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	Acumulados al 2030
				5,0%	6,0%	7,0%	10,0%	14,0%	20,0%	30,0%	45,0%	70,0%	100,0%	
		Rampa de Crecimiento de Penetración Vehículos Eléctricos		0,250%	0,300%	0,350%	0,500%	0,700%	1,000%	1,500%	2,250%	3,500%	5,000%	
		Crecimiento Anual Neto de la Flota %	0,25	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	
		2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	
Motocicletas/Motovehículos	5.405.596	5.405.596	5.419.110	13.653	2.752	2.773	8.385	11.268	17.033	28.610	43.250	72.645	87.854	288.224
Vehículos Particulares (4 -5 pasajeros)	11.453.615	11.453.615	11.482.249	28.930	5.831	5.877	17.767	23.874	36.091	60.620	91.640	153.924	186.149	610.702
Vehículos de pasajeros Cautivos (Taxis-Remises)	209.371	209.371	209.894	529	107	107	325	436	660	1.108	1.675	2.814	3.403	11.164
Vehículos Utilitarios livianos (Tipo Kangoo)	679.910	679.910	681.610	1.717	346	349	1.055	1.417	2.142	3.599	5.440	9.137	11.050	36.253
Vehículos utilitarios pesados (Tipo Pick Ups-Otros)	1.444.810	1.444.810	1.448.422	3.649	736	741	2.241	3.012	4.553	7.647	11.560	19.417	23.482	77.037
Vehículos de Carga Livianos	100.993	100.993	101.245	255	51	52	157	211	318	535	808	1.357	1.641	5.385
Vehículos de Carga Pesados	332.258	332.258	333.089	839	169	170	515	693	1.047	1.759	2.658	4.465	5.400	17.716
Buses Urbanos (Cautivos)	31.640	31.640	31.719	80	16	16	49	66	100	167	253	425	514	1.687
Buses Interurbanos (Cautivos)	16.371	16.371	16.412	41	8	8	25	34	52	87	131	220	266	873
		Incremento anual Vehículos Eléctricos		49.694	10.016	10.094	30.520	41.010	61.995	104.131	157.415	264.404	319.760	1.049.040
		Total acumulado al año analizado		49.694	59.710	69.805	100.324	141.334	203.329	307.460	464.875	729.280	1.049.040	

Fuente Elaboración propia

Como resumen de los tres escenarios analizados, puede visualizarse la Tabla 16 que consolida el total de vehículos eléctricos que se incorporarían al parque automotor para cada escenario considerado.

Tabla 16 cantidad total de vehículos eléctricos estimados acumulados entre 2020-2030, según los 3 escenarios de penetración de movilidad eléctrica elegidos

Escenario de penetración de movilidad eléctrica sobre el total del parque automotor	Cantidad total de vehículos eléctricos estimados acumulados al 2030.
0,5%	104.904
1%	209.808
5%	1.049.040

Fuente: elaboración propia

Para alcanzar dichos escenarios de PMEA, las tecnologías de movilidad eléctrica consideradas para el conjunto de categorías de vehículos eléctricos del presente estudio son las siguientes:

- BEV: Battery Electrical Vehicle o Vehículo Eléctrico a Batería (Tendencia a Li-ion NMC 111 Ion Litio-Níquel Manganeso Cobalto y otras aleaciones con Li-ion)
- FCEV ó HFCEV: Fuel Cell Electrical Vehicle ó Hydrogen Fuel Cell Electrical Vehicle (Vehículo Eléctrico de Celda de Combustible a Hidrógeno)
- PHEV-HBEV: Plug In HEV & Hybrid Battery Electrical Vehicle o Vehículo Híbrido a batería que consume también combustibles fósiles.

Las categorías de vehículos tipificadas en el proyecto GCF Readiness se agrupan de la siguiente forma:

- Motocicletas
- Vehículos de pasajeros (vehículos tipo sedan de 4 o 5 personas o carga 300kg a 500 kg)
- Vehículos varios de carga liviana o Light-duty Vehicle: Pick-up; Utilitarios livianos (Capacidad de 500 kg a 1000 kg). Para efectos del proyecto llega hasta 3500 kg de peso total
- Vehículos de Carga o Heavy-Duty Vehicle: Carga Pesada (Logística Capacidad 10 toneladas a 30 toneladas) y Carga Liviana (Distribución o “Ultima Milla” entre Capacidad de 1 tonelada a 10 toneladas)
- Buses: buses urbanos de corta distancia (Vehículos de 11 a 12,5 metros de longitud)

Sin embargo las categorías de vehículos tipificadas y desagregadas en el presente estudio surge de las categorías de vehículos descriptas en el Estudio de Flota del PMR-BM 2020, agrupadas de la siguiente forma:

- Motocicletas/motovehículos
- Vehículos particulares de 4 a 5 pasajeros de capacidad
- Vehículos de pasajeros cautivos o de flota cautiva (taxis y remises)
- Vehículos utilitarios livianos (tipo kangoo)
- Vehículos utilitarios pesados (tipo pickups u otros)
- Vehículos de carga livianos
- Vehículos de carga pesados
- Buses urbanos (de flota cautiva)
- Buses interurbanos (de flota cautiva)

3.2 Estimación de impactos de los objetivos establecidos

Impacto en las emisiones GEI y en la energía

El eje rector para el estudio de diversos escenarios de impactos del presente entregable fue el alcanzar el objetivo de mínima de emisiones GEI evitadas acumuladas entre los años 2020-2030, de 870.000 Ton de CO_{2eq}, teniendo en cuenta la metodología sugerida por los *"Lineamientos de Trabajo del Proyecto GCF"*.

Para determinar dicho resultado, se cruzaron diversos modelos de proyección para la estimación de impactos en emisiones GEI, como se describe a continuación:

- Modelo de Emisiones GEI 1: Modelo de proyección parque automotor 2019-2030 y modelo de impacto en las emisiones GEI evitadas y energía directa consumida elaborado por Leonardo Iannuzzi, para el cruce de datos del presente capítulo. (Ver Anexo 1).
- Modelo de Emisiones GEI 2: Modelo "e-MOB Calculator" del Programa de Naciones Unidas para el Medio ambiente [12] que prevé un modelo de análisis de impacto en las emisiones y en la energía a partir de proyecciones en las ventas de vehículos eléctricos del total de ventas de vehículos en un país dado (Ver Anexo 2).
- Modelo de Emisiones GEI 3: Modelo de cálculo de emisiones contaminantes evitadas por la incorporación de vehículos eléctricos en una ciudad dada, elaborado por el Clean Air Institute y requerido su uso como herramienta de análisis por los Lineamientos de Trabajo, del Proyecto GCF para la presente consultoría [41] (Ver Anexo 3).

Sin embargo, luego de un análisis detallado, si bien todos parten de una línea base similar que surge de los Lineamientos de Trabajo del GCF para el parque automotor de Argentina y de

las consideraciones del CAI [42], el Modelo de Emisiones GEI 3 fue desestimado. Este modelo no muestra resultados de impactos o balance neto de emisiones GEI, sino de resultados absolutos de las emisiones GEI evitadas sólo por la incorporación de vehículos eléctricos sin considerar el factor de emisión de la matriz energética [42].

El modelo de emisiones GEI 2, parte de los siguientes supuestos principales:

- Utiliza un modelo de proyección del parque vehicular a partir del comportamiento histórico de las ventas del parque automotor de Argentina desde el año 2010 al 2030. Esta proyección, genera al final del 2030, un resultado neto del parque automotor final decreciente y levemente menor a nuestros datos de vehículos eléctricos obtenidos del Estudio de Flota del PMR-Banco Mundial 2020 [10].

- Los datos de kilómetros recorridos por los vehículos eléctricos, consumos específicos y factores de emisión de los combustibles fósiles a comparar y de la red eléctrica en el punto de consumo son iguales a los adoptados para el Modelo de Emisiones GEI 1.

El método de cálculo detallado y los resultados de estas proyecciones se muestran en el Anexo 1 del presente entregable.

La herramienta final de análisis adoptada por este equipo de consultores para estimar los impactos en la reducción de las emisiones GEI evitadas por los diversos niveles de penetración de la movilidad eléctrica, el impacto en la demanda de energía y el impacto complementario en la economía el empleo y fiscal, fue el GEI 1. Por otra parte, consideramos también que el GEI 1, permite mayor comprension y usabilidad para las autoridades de Argentina.

A continuación, se detallan los supuestos y datos principales utilizados para correr el modelo de emisiones GEI 1, elaborado para la presente consultoría:

- Se inician las proyecciones de la evolución de todo el parque automotor desde el año 2019, a partir de prácticamente toda la flota del parque automotor de Argentina con 9 tipologías de vehículos eléctricos, mencionados y reagrupados del Estudio de Flota PMR-Banco Mundial 2020. Sobre dicha flota de 2019, y que evoluciona a la tasa de crecimiento descripta abajo, se reemplaza un porcentaje de los vehículos de motores de combustión interna por vehículos eléctricos según cada categoría o tipología de vehículo estudiado.
- Se asume una tasa anual lineal de crecimiento neta del parque automotor total de 0,78% (Ver detalle explicado en Capítulo 1).
- Se asume el uso, durante todo el período analizado, de la siguiente distribución tecnológica para el cálculo de la demanda energética y emisiones GEI evitadas:
    - 100% vehículos a baterías enchufables para motocicletas, vehículos livianos y vehículos de carga liviana,

- 100% de vehículos híbridos no enchufables asignadas a las pickups,
- 100% de vehículos de celdas de combustible a hidrógeno para vehículos de carga pesados y buses de larga distancia,
- 50% de buses urbanos de corta distancia a baterías enchufables,
- 50% de buses urbanos de corta distancia de celdas de combustible.

- Para el factor de emisión de la energía eléctrica para la producción de hidrógeno obtenido a partir de la electrólisis del agua en Argentina, se adopta 0,1 kg CO2eq/kWh, considerando el consumo de energía eléctrica de una fuente de generación 100% renovable [30].
- Se adoptan factores de emisión de los combustibles fósiles del documento Escenarios Energéticos 2030 [1], elaborado por la Secretaría de Energía de la Nación en el año 2019 que contempla el ciclo de vida de los mismos.
- Se adopta el factor de emisión GEI de la red eléctrica nacional en el punto de consumo de 0,4 Kg CO_2eq/kWh y mencionada en uno de los escenarios de movilidad eléctrica considerados en el documento Escenarios Energéticos 2030 [1].

Para obtener resultados más exactos, se debieron probar diferentes alternativas en el GEI 1. Los km recorridos en cada tipología de vehículos eléctricos para las diferentes categorías o tipologías de vehículos representan los datos de mayor incertidumbre, ya que influyen en los datos de emisiones evitadas cada año, como en el impacto en la demanda de energía, generando divergencia con otros modelos analizados; por lo que se adoptó el criterio de utilizar los kilómetros recorridos promedio estimados, y que fueran calculados a partir de los consumos de combustibles fósiles informados en el Estudio de Flota del PMR-Banco Mundial del 2020 [10] .

Este criterio inicial, fue consensuado con las autoridades técnicas del GCF y se debe a que los kilómetros recorridos no convergían con los resultados indirectos del total de emisiones que tendría supuestamente el parque automotor fósil al mismo año 2019, si se hubieran adaptado los valores de kilómetros recorridos promedios considerados en el Informe de Escenarios Energéticos 2030 [1].

Dada la importancia que generan los kilómetros a recorrer por los vehículos y que se emplean en los modelos de cálculo de emisiones GEI evitadas, se considera fundamental tener en cuenta las recomendaciones de estandarización de datos y factores de cálculo para estudios posteriores como se detallan en el Capítulo 5.

No obstante ello, los kilómetros adoptados en el presente estudio consideran una posición de mínima o conservadora para la reducción de emisiones GEI mediante la incorporación de vehículos eléctricos. Con valores de kilómetros recorridos mayores a los aquí estimados, la reducción de emisiones GEI obtenidos al incorporar la movilidad eléctrica podrían ser mayores.

Regresando al método de cálculo, una vez consolidados todos los datos, se obtuvieron los resultados de las emisiones GEI evitadas para los diferentes escenarios de penetración de movilidad eléctrica así como los consumos directos de energía eléctrica demandada por todos los vehículos eléctricos a incorporar en cada escenario de penetración adoptado. Dichos resultados se detallan en la Tabla 17.

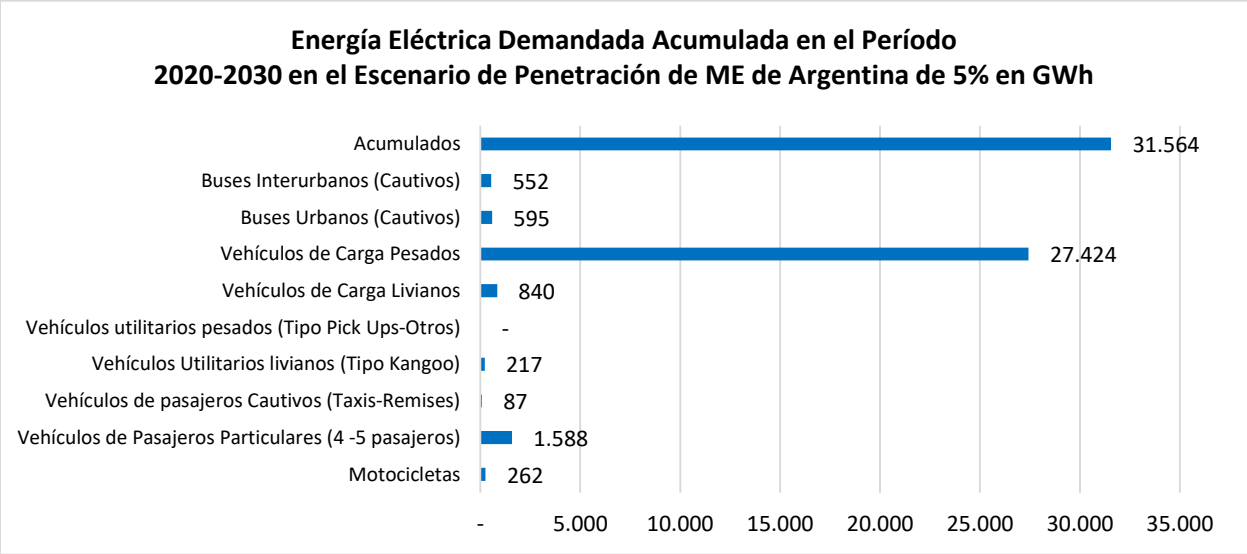
Tabla 17 Escenarios de penetración de vehículos eléctricos. Consolidado energía eléctrica demandada en el punto de consumo y emisiones GEI evitadas

	Escenarios/porcentajes de penetración de vehículos eléctricos y cantidad de vehículos en unidades/según tipo de vehículo (acumulados a 2030)								
Tipo/Categoría de Vehículo	0,5%			1,0%			5,0%		
	Unidades de VE	EE Directa	GEI Evitados	Unidades de VE	EE Directa	GEI Evitados	Unidades de VE	EE Directa	GEI Evitados
		GWh	Ton CO2eq		GWh	Ton CO2eq		GWh	Ton CO2eq
Motocicletas	28.822	31	17.440	56.279	56	31.690	275.936	262	145.695
Vehículos de Pasajeros Particulares (4 -5 pasajeros)	61.070	185	129.303	119.247	341	234.959	584.666	1.588	1.080.209
Vehículos de pasajeros Cautivos (Taxis-Remises)	1.116	10	5.074	2.180	19	9.219	10.688	87	42.385
Vehículos Utilitarios livianos (Tipo Kangoo)	3.625	25	14.435	7.079	47	26.230	34.707	217	120.592
Vehículos utilitarios pesados (Tipo Pick Ups-Otros)	7.704	-	49.098	15.042	-	89.218	73.752	-	410.173
Vehículos de Carga Livianos	538	98	5.182	1.051	180	9.416	5.155	840	43.289
Vehículos de Carga Pesados	1.772	3.192	5.761	3.459	5.884	10.469	16.961	27.424	48.131
Buses Urbanos (Cautivos)	169	69	15.813	329	128	28.734	1.615	595	132.105
Buses Interurbanos (Cautivos)	87	64	6.076	170	118	11.041	836	552	50.762
Acumulados	104.904	3.674	248.183	204.839	6.773	450.978	1.004.315	31.564	2.073.340
Total Vehículos Proyectados al 2030	21.317.341								

Fuente Elaboración propia a partir del cruce de datos públicos y privados y la convergencia de modelos de emisiones GEI estudiados

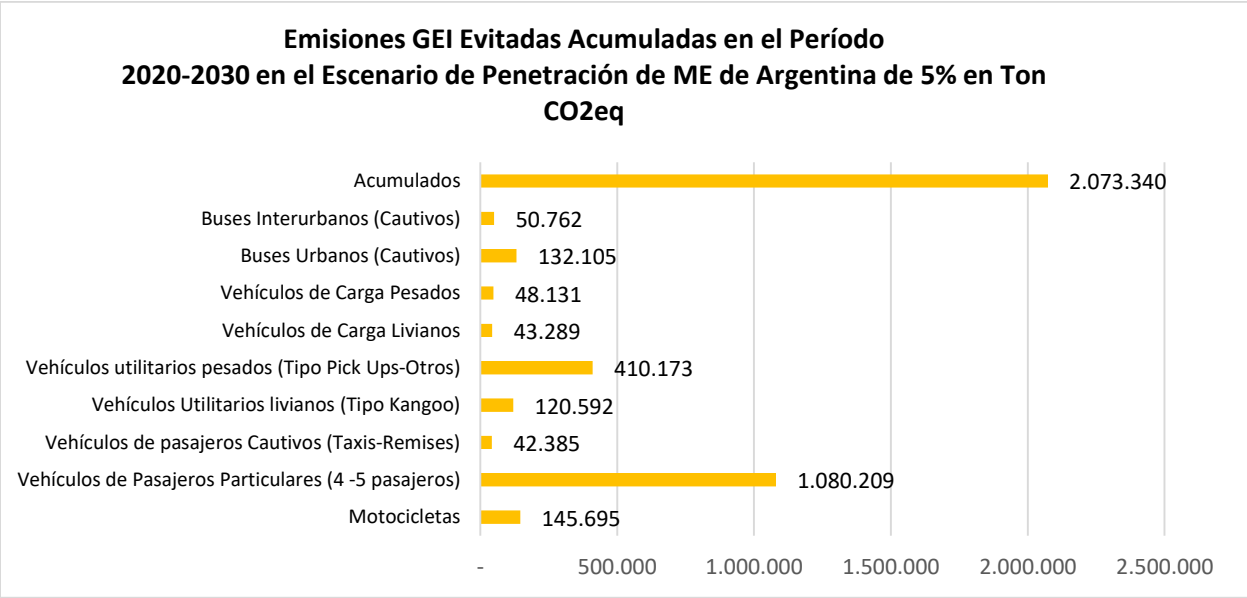
A continuación, se muestran respectivamente en el Gráfico 4 y en el Gráfico 5, la demanda de energía eléctrica acumulada y las emisiones GEI evitadas por la penetración del 5% de vehículos eléctricos en el total del parque automotor de Argentina para el período 2020-2030.

Gráfico 4 Distribución de la energía eléctrica demandada para el escenario de penetración de ME del 5% del total del parque automotor al 2030



Fuente: Elaboración propia a partir del cruce de datos públicos y privados y la convergencia de modelos de emisiones GEI estudiados

Gráfico 5 Distribución de las emisiones GEI evitadas debido al escenario de penetración de ME del 5% del total del parque automotor al 2030



Fuente: Elaboración propia a partir del cruce de datos públicos y privados y la convergencia de modelos de emisiones GEI estudiados

Del análisis del grafico 4 puede apreciarse que la demanda de energía eléctrica acumulada más relevante (escenario 5% de PMEA) se da a partir de la introducción de camiones pesados eléctricos de celdas de combustible a hidrógeno (especialmente se introducirían en los últimos 3 años de la década 2020-2030), representado el 86% del total de demanda de energía eléctrica acumulada al 2030.

Esto es importante dado que puede hacer revisar y readecuar los escenarios y tipologías de vehículos eléctricos más convenientes a introducir al momento de definir el PANTyCC 2021 y en particular cualquier Estrategia Nacional de Movilidad Eléctrica proyectada.

Por otra parte, del análisis del Gráfico 5 puede apreciarse que los tres tipos de vehículos eléctricos que aporta la mayor cantidad de emisiones GEI evitadas con los siguientes: automóviles a baterías (50%) , camionetas pickups híbridas (20%) y a buses urbanos (6%), 50% a baterías y 50% a celdas de combustible de hidrógeno. La suma de los tres tipos de vehículos eléctricos representa el 76% del total de la emisiones GEI evitadas entre 2020 al 2030 en el escenario de 5% de PMEA.

El análisis combinado entre emisiones GEI evitadas y el impacto en la demanda de energía, permitirá reorientar las prioridades de las autoridades nacionales para la definición de tecnologías de movilidad eléctrica, tipo o categorías de vehículos eléctricos y futuros estudios de demanda energética y de potencia instalada agregada, en una ubicación geográfica dada.

Impacto en las emisiones y en la salud

De acuerdo con la Organización Mundial de la Salud, la contaminación del aire es uno de los principales factores de riesgo sobre la salud a nivel mundial y en Argentina, registra para el año 2016, una tasa de mortalidad de 37 personas sobre 100.000 habitantes [43]. Cerca de 16.600 muertes en total en dicho año son debidas a diversas enfermedades respiratorias tales como infecciones respiratorias inferiores varias, enfermedad pulmonar obstructiva crónica, cáncer de pulmón, tráquea y bronquios, enfermedad isquémica del corazón y ataque cardíaco.

Los efectos de la contaminación del aire afectan principalmente a la población vulnerable, niños menores de 5 años, adultos mayores y población con antecedentes respiratorios y cardiovasculares. En el ámbito urbano, el transporte representa una de las principales fuentes de exposición a contaminantes atmosféricos. Más allá, el sector transporte es una de las principales fuentes de emisión de gases de efecto invernadero y contaminantes climáticos de vida corta.

En este contexto, las tecnologías eléctricas para el transporte urbano presentan potencial para la reducción de emisiones contaminantes climáticos de vida corta y gases de efecto invernadero en el contexto urbano. Estas estrategias de transporte más limpio cuentan con importantes co-beneficios en salud, al reducir la exposición de la población a los contaminantes atmosféricos y sus efectos nocivos. La evaluación de dichos beneficios integrales en calidad del aire y salud representa un importante instrumento para la toma de decisiones por parte de los gobiernos, inversionistas y partes interesadas.

Estimación de beneficios en salud

Para la estimación de los beneficios en salud en este capítulo, se consideran los efectos potenciales alcanzados en el mejoramiento de la calidad del aire en términos absolutos y sus efectos en salud, particularmente en el logro de las muertes evitadas.

Los requerimientos de información para el cálculo de beneficios en salud son:

a) caracterización de la población expuesta, incluyendo al menos la distribución según grupo etario;

b) mortalidad de la población, distribuida según grupo etario donde en este caso, los resultados del modelo que se expondrán corresponden a personas mayores de 25 años;

c) valoración estadística de la vida (VSL) local a partir de información disponible.

El escenario de mayor nivel de penetración de movilidad eléctrica del decenio 2020-2030 es de 5% y otro nivel de penetración de 20% para los decenios 2030-2040-2050.

La herramienta utilizada en la obtención de los resultados, y que se incluye como Anexo 1 del presente entregable, fue un estudio similar realizado por el CAI en 2019 acotado a 5 ciudades de Latinoamérica: Ciudad de México DF, de México, Santiago de Chile, San José de Costa Rica, Cali de Colombia y el Área metropolitana de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires y del Gran Buenos Aires (en adelante AMBA) de Argentina. Cabe destacar que el Excel de cálculo se encuentra disponible con libre acceso para la consulta y uso en la plataforma MOVE LATAM.

Sobre aquella experiencia piloto se realizaron tres tipos de pronósticos, que fueron replicados y adaptados para el presente estudio de impacto en la salud, para el total de la república Argentina.

Los datos que pudieron adaptarse para este trabajo fueron:

- nivel o porcentaje de penetración de movilidad eléctrica según el tipo de vehículo dado en la herramienta del CAI, en cada decenio de proyección,
- kilómetros promedios recorrido anuales.

Para el caso de la tipología de vehículos mencionada en el modelo del CAI, fueron 7 tipologías que agruparon las 9 tipologías descriptas en las proyecciones del punto 4.1 del presente trabajo (Estudio de Flota-PMR Banco Mundial), como se detalla en la tabla 18 a continuación:

Tabla 18 Tipología de vehículos del estudio de flota-PMR-Banco Mundial y tipología de vehículos definida por el modelo de impacto en salud del Clean Air Institute de 2019

Tipología de vehículos del modelo del clean air institute	Tipología de vehículos adaptada y agrupada del estudio de flota-PMR-Banco Mundial 2020
Petrol (Gasolina o Nafta)Light-category	Motocicletas/Motovehículos
Petrol passenger cars/	Vehículos Particulares (4 -5 pasajeros)
Petrol (Nafta o Gas Natural Comprimido) passenger cars/ Diesel passenger cars	Vehículos de pasajeros Cautivos (Taxis-Remises)
Petrol light duty vehicles/ Diesel light duty vehicles	Vehículos Utilitarios livianos (Tipo Kangoo)
Petrol light duty vehicles/ Diesel light duty vehicles	Vehículos utilitarios pesados (Tipo Pick Ups-Otros)
Diesel light duty vehicles	Vehículos de Carga Livianos
Diesel heavy duty vehicles	Vehículos de Carga Pesados
Diesel heavy duty vehicles	Buses Urbanos (Cautivos)
Diesel heavy duty vehicles	Buses Interurbanos (Cautivos)

Fuente: Elaboración propia en basa a estudio de flota PMR-BM [10] y linemiantos de trabajo de GCF

El modelo considera las siguientes consideraciones de evolución del parque automotor:

1. Un escenario creciente (2020-2030), pero marginalmente decreciente (2030-2050) para reflejar el agotamiento de los mercados de demanda de vehículos.
2. Un escenario de crecimiento lineal.
3. El número de vehículos que deberían estar circulando si Argentina lograra sus objetivos particulares de movilidad eléctrica.

Respecto de los contaminantes que impactan en la salud se describen los siguientes en la siguiente tabla:

Tabla 19 Contaminantes adoptados por el modelo de emisiones e impacto en la salud del Clean Air Institute de 2019

Contaminante	Detalle del Contaminante
BC	*Black Carbon* o Carbono Negro (Fracción inquemada de los combustibles)
NOx	Óxidos de nitrógeno
PM_{10}	Material particulado (particulate material, por sus siglas en inglés) de diámetro aerodinámico inferior a 10 µg/m^3
$PM_{2.5}$	Material particulado de diámetro aerodinámico inferior a 2.5 µg/m^3
SO_2	Dióxido de azufre

Fuente: Adaptado del estudio del Clean Air Institute [42]

Para esta herramienta proporcionada por el CAI y utilizando los datos cargados para el AMBA, se obtuvieron resultados haciendo las consideraciones inversas que tuvo el CAI para Argentina en 2019. En aquel momento el CAI, al no contar con el parque automotor real del AMBA adoptó un criterio de proporcionalidad del parque total de Argentina, en 1/3 del total para el AMBA. Entonces en esta oportunidad, se aplicaron los mismos criterios de proporcionalidad de los resultados sobre los datos cargados en la herramienta, en el sentido inverso; esto es se multiplicaron por 3, los efectos en salud respecto de muertes evitadas, las emisiones evitadas acumuladas y los co-beneficios económicos resultantes del modelo y datos disponibles. Este criterio fue aceptado previamente en conversaciones técnicas por los líderes del proyecto de GCF para Argentina.

Resultados en las emisiones y en salud

A continuación, se detallan los resultados obtenidos de los principales contaminantes que generan mayores efectos adversos sobre la salud humana:

- Los escenarios indican que para 2030 la movilidad eléctrica podría evitar la emisión de 5.935 toneladas de PM_{10} acumuladas, y 45.727 toneladas acumuladas de PM^{10} al 2050.
- En relación al contaminante NOx los escenarios indican que para 2030 la movilidad eléctrica podría evitar la emisión de 146.197 toneladas acumuladas, y 1.145.251 toneladas acumuladas al 2050.
- En relación al contaminante SO_2 los escenarios indican que para 2030 la movilidad eléctrica podría evitar la emisión de 12126 toneladas acumuladas, y 132.209 toneladas acumuladas al 2050.
- Ello evitaría la muerte prematura de 7.356 personas al 2030 y 60.990 personas al 2050 para la proyección de personas mayores a 25 años de edad.
- Esto último implicaría un total de 39.849 millones de dólares por las muertes evitadas acumulados a 2050 (Ver metodología de cálculo en Anexo 2 adjunto).

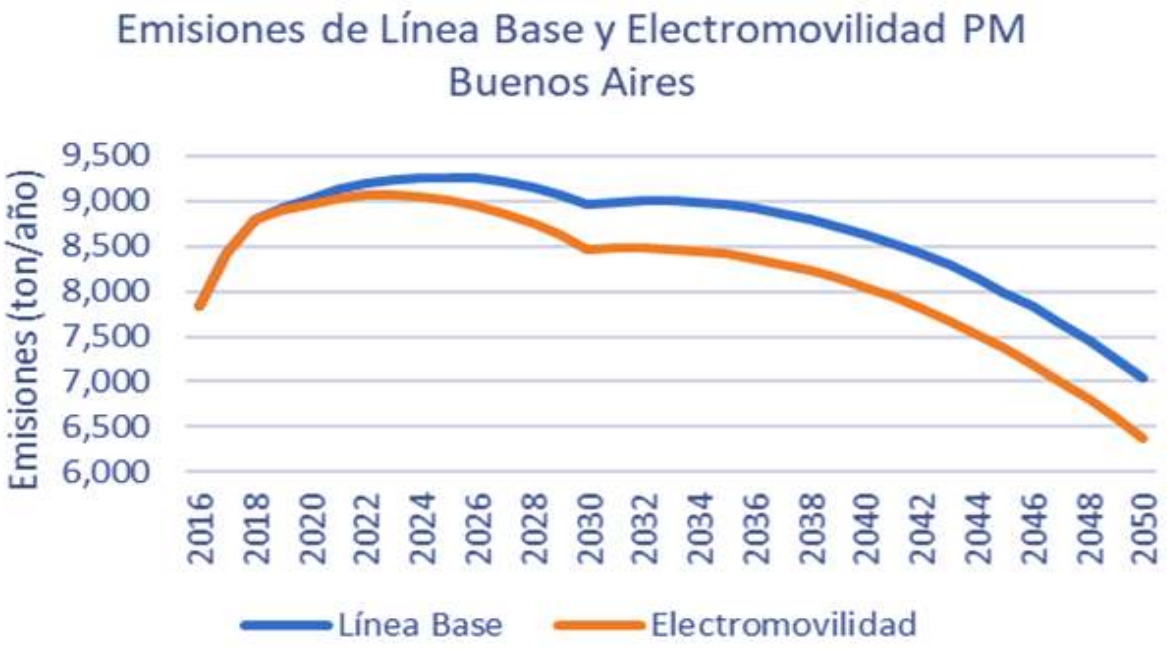
En la siguiente tabla 20 se presenta la reducción de emisiones acumuladas, que provocaría los beneficios de salud antes descritos, a raíz de la implementación de la movilidad eléctrica en Argentina para los años 2030 y 2050.

Tabla 20 Reducción de emisiones acumulada de los contaminantes analizados por el uso de la ME (Toneladas).

Contaminante	Toneladas acumuladas reducidas	
	2030	2050
Material particulado*	5.935	45.727
SO_2	12.126	132.209
NOx	146.197	1.145.251

*Proveniente del tubo de escape de los vehículos. Fuente: obtenido de la adaptación de resultados del informe del CAI-2019 [42]. Solapa del anexo excel denominado mortalidad evitada.

Gráfico 6 Reducción de emisiones vehiculares de material particulado proyectado a 2050. Ejemplo para la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, para cada año hasta 2050.



Fuente: Informe del Clean Air Institute-2019 [42]

Impactos económicos, fiscales y en el empleo

Los impactos económicos asociados a la penetración de movilidad eléctrica adoptados en el presente trabajo consideraron las siguientes variables:

- Efectos en la producción interna;
- Estimulación de plazas de empleo en la industria automotriz;
- Incidencias fiscales, que dependerán de la política tributaria que implemente una economía.

Una de las herramientas económicas más utilizadas para evaluar impacto es la Matriz Insumo – Producto (MIP), la cual permite conocer la importancia de los diferentes sectores productivos o ramas de actividad de la economía y sus interrelaciones. Sin embargo, Argentina no dispone de una MIP actualizada. Por esta razón, en el presente documento se avanzó con una metodología alternativa acordada con los líderes del proyecto de GCF que se adapten a una estimación cercana en los impactos directos en la industria, como es el cálculo del Producto Interno Bruto por el método del gasto. Los calculos aquí presentados y mayores detalles metodologícos se encuentran en el Anexo 4a y 4b.

Respecto del empleo, este se analizó en función a los efectos del nivel de ventas y tasas de empleo del sector automotriz. Tomando como base series históricas anuales de la Asociación de Fábricas Automotrices (ADEFA) [44], se observo una correlación directamente proporcional, entre automóviles vendidos y el personal ocupado en la industria. La propuesta metodológica

de efecto en el mercado laboral, se basa en la determinación de un promedio de las tasas anuales, desde 1992 al 2019, entre las unidades vendidas y el personal ocupado. Esta relación será aplicada a las unidades eléctricas que sean vendidas de manera anual.

Finalmente, el sector fiscal también se ve afectado por el ingreso de movilidad eléctrica. En el caso argentino, con el objetivo de estimular su penetración, existe normativa que marca una reducción en el porcentage de ciertos impuestos a la importación de los vehículos eléctricos e híbridos.

Los cálculos y estimaciones específicos utilizados para los siguientes impactos se encuentran detallados en el Anexo 4 del presente entregable.

Impactos económicos

La simulación de impactos considera los tres escenarios de penetración de vehículos electricos presentados al inicio de este capítulo. Para el este análisis se establecieron por parte del equipo consultor los siguientes supuestos específicos del caso Argentino:

Penetración de autos eléctricos

Para los calculos economicos, de empleo y fiscales, esta sección toma los mismos supuestos de penetración de movilidad electrica planteados anteriormente en la Tabla 15.

Al momento de este trabajo, los datos de mayor tendencia historica (2005-2013) sobre la composición del parque vehicular de Argentina indican que se distribuye en un 40% de vehículos fabricados en Argentina y un 60% restante de vehículos importados, a pesar de que en los último años, la distribución llego a variar hasta un 30% locales a 70% importados [40]. Por lo tanto, a priori, la flota de autos eléctricos en Argentina será provista por el mercado internacional; es decir, las unidades serán importadas.

Consumo energético

Tal cual lo explicado para el calculo de los impactos de GEI y el modelo de emisiones GEI1, esta sección estima los consumos en función de los kilómetros (km) recorridos de manera anual por cada categoría de vehículos y multiplicados por el factor de consumo por km recorrido, de acuerdo a lo planteado en el estudio de flota de PMR-Banco Mundial 2020.

La tabla siguiente muestra el detalle de la energía eléctrica promedio que se consume:

Tabla 21 Consumo energético promedio autos eléctricos (Kwh)

Tipo de Vehículo	km Recorridos/año	Consumo Específico Eléctrico Directo /100 km	Demanda EE Anual BEV/vehículo
	Km	kWh/(100km)	kWh
Motocicletas/Motovehículos	7.000	5	350
Vehículos Particulares (4 -5 pasajeros)	5.000	20	1.000
Vehículos de pasajeros Cautivos (Taxis-Remises)	15.000	20	3.000
Vehículos Utilitarios livianos (Tipo Kangoo)	10.000	23	2.300
Vehículos de Carga Livianos	25.000	240	60.000
Buses Urbanos (Cautivos)	45.000	116,5	52.425

Fuente: Elaboración propia en base a Km recorridos convergentes con el consumo de combustibles del estudio de flota de PMR-Banco Mundial 2020 [10]

En el caso de los vehículos utilitarios pesados (tipo pick ups), no existe consumo energético desde la red eléctrica, debido a que estos fueron supuestos como híbridos. Para los vehículos de carga pesada y los buses interurbanos que usan tecnología en base a hidrógeno (H2),los consumos anuales estimados son:

Tabla 22 Consumo energético promedio de la demanda eléctrica para producir hidrógeno para vehículos de celdas de combustible a Hidrógeno (kWh)

Tipo de Vehículo	km Recorridos/año	Demanda EE Anual FCEV/vehículo
	km	kWh
Vehículos de Carga Pesados	45.000	595.350
Buses Urbanos (Cautivos)	45.000	218.700
Buses Interurbanos (Cautivos)	45.000	243.000

Fuente: Elaboración propia en base a producción de H2 a paritr de la electrólisis del agua. Incluye el consumo eléctrico para la compresión del hidrógeno y su carga en los vehículos. Km recorridos convergentes con el consumo de combustibles del estudio de flota de PMR-Banco Mundial 2020 [10]

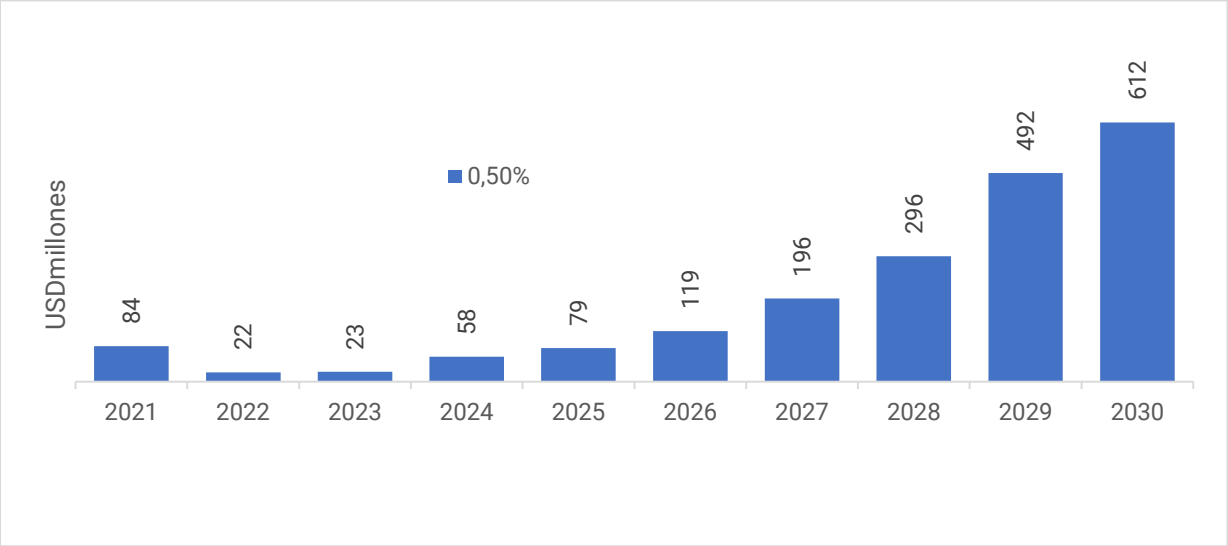
Impacto en el PBI

Los impactos resultantes en el PBI nominal (a precios corrientes) de Argentina, bajo la metodología y supuestos planteados, se da por procesos productivos:

- En primera instancia por el proceso de importación de vehículos eléctricos y su posterior venta por parte de las concesionarias. Durante esta dinámica se generan los márgenes comerciales que al final se traducen en el valor agregado del bien importado.
- Como segundo proceso, se encuentra la energía eléctrica consumida por cada una de estas unidades, que son abastecidas por la producción de las empresas distribuidoras del país, a través de las recargas esencialmente en los hogares.

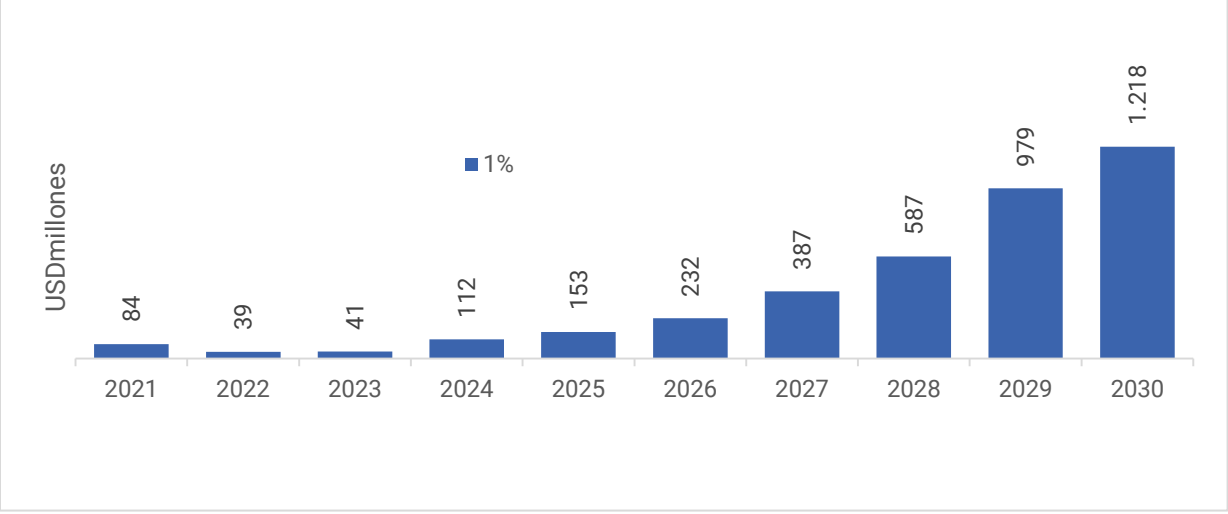
Bajo estos dos puntos se analizo y proyecto el impacto generado por la comercializacion y consumo de los vehiculos electricos para cada uno de los escenarios planteados. Los efectos sobre el PBI nominal, de cada uno de los escenarios se presentan a continuación:

Gráfico 7 PBI nominal anual generado por la ME (0,5%)



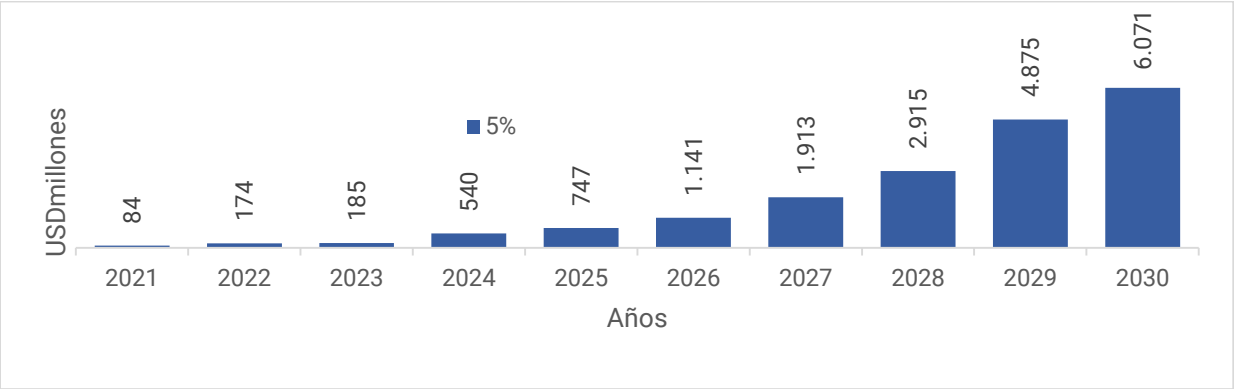
Fuente: Elaboración propia

Gráfico 8 PBI nominal anual generado por la ME (1%)



Fuente: Elaboración propia

Gráfico 9 PBI nominal anual generado por la ME (5%)



Fuente: Elaboración propia

Los gráficos anteriores muestran los valores adicionales al PBI generados por la penetración de la movilidad eléctrica de manera anual; es decir, que en el escenario de penetración al 0,5%, al primer año se adhieren USD 84 millones de generación al PBI nacional. Al año diez, debido al aumento escalonado en la flota vehicular y a los consumos eléctricos, su valor al PIB asciende a USD 612 millones.

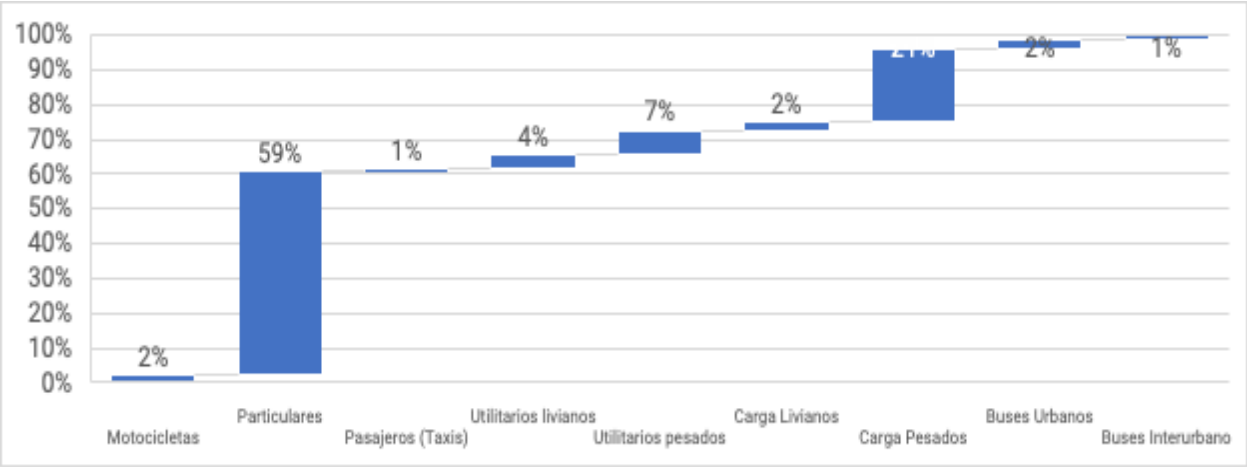
Para el segundo escenario, con 1% de penetración de movilidad eléctrica, el PBI añadido al décimo año es por USD 1.218 millones; es decir un 99% mayor que el primer escenario.

Con una penetración del 5% en relación a la flota total, el escenario 3, genera impactos mucho mayores (USD 6.071 millones al 2030): 10 veces más en relación al primer escenario; y 5 veces más si se compara con el segundo escenario.

En términos acumulados, con penetración del 0,5%, la producción total de los diez años analizados es de USD 1.980 millones; en el escenario de 1% la suma de la producción acumulada es de USD 3.831 millones; y en el tercer escenario (5%) es de USD 18.645 millones.

Analizando la producción nominal generada por tipo de vehículo eléctrico, los vehículos de carga pesada y los autos particulares aportan en promedio el 80% de todo el valor generado con el 21% y 59% respectivamente como muestra el Grafico 10. En el caso de los vehículos de carga pesada, pese a que en términos de unidades es menor a los vehículos particulares (2% respecto al total importado de particulares), su consumo energético acumulado es 17 veces mayor que los particulares -coincidiendo con lo presentado Gráfico 4-. En el caso de los particulares es debido al gran número de unidades importadas, su valor producido es representativo, tanto por las unidades vendidas, así como por la electricidad que es consumida.

Gráfico 10 PBI nominal generado por tipo de vehículo (0,5%)



Fuente: Elaboración propia

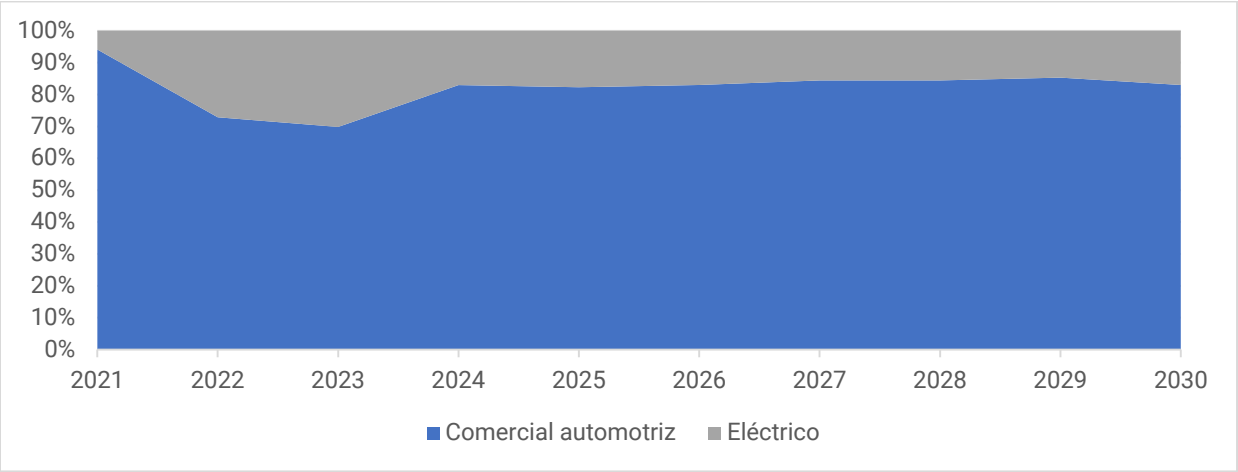
En el caso de los escenarios de 1% y 5% de penetración, esta participación de pesados y privados se mantiene bajo la misma dinámica con apenas mínimos cambios en relación al escenario de 0,5%. Los calculos respecto los otros dos escenarios pueden ser vistos en el Anexo 4b.

Cuando analizamos este crecimiento del PBI a causa de la penetración de la movilidad electrica, desde la perspectiva del tipo de industria, debemos mencionar que la producción anual es más volátil. Estos cambios en las participaciones de cada segmento se deben al tipo de variable analizados. En el caso de la comercialización por importación y venta de vehículos, su valor se registra de manera discreta; mientras que en el caso de los consumos eléctricos su producción se valora en términos acumulados.

En el primer caso, las unidades comercializadas en un determinado año, generan impactos economicos unicamente en ese año en el que se lleva a cabo la transacción. En el segundo, todas esas unidades vendidas en un determinado año, consumirán energía ese año y el año siguiente. Junto con todas las nuevas unidades correspondientes a ese próximo año.Es decir, los consumos anuales se van agregando de manera anual debido a que la flota vehicular va creciendo.

En promedio, para el escenario con penetración del 0,5%, la participación a la producción del sector de comercialización de autos importados representa el 82%; mientras que el 18% restante comprende la participación del sector eléctrico debido a su generación para satisfacer la demanda interna

Gráfico 11 PBI nominal generado por industria (0,5%)



Fuente: Elaboración propia

La composición de los aportes por industria a la producción es diferente, en mínimas proporciones, en el escenario del 1% (85% del sector comercial automotriz y de 15% para el eléctrico); mientras que para el escenario del 5% los pesos de las industrias experimentan se mantienen en la misma estructura que el escenario 1. Los calculos detallados respecto los otros escenarios pueden ser vistos en el Anexo 4b.

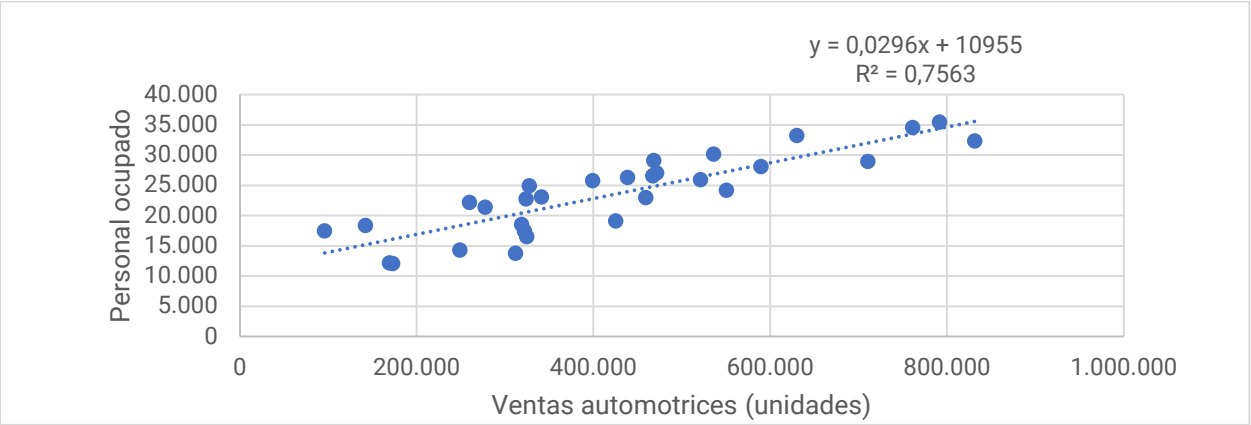
Impacto laboral

Al igual que la metodología adaptada de los impactos económico-productivos, por la ausencia de la MIP, los efectos, por la penetración de movilidad eléctrica, en el nivel de empleo también considera una propuesta metodológica alternativa a la del documento Lineamientos de Trabajo de PNUMA.

Empleo en la industria automotriz

Conforme las cifras históricas anuales publicadas por la Asociación de Fábricas Automotrices (ADEFA) [44] ,el promedio de las tasas anuales, desde 1992 al 2019, delas unidades vendidas y el personal ocupado-, muestra en el Gráfico 12 una correlación directamente proporcional, entre las unidades de automóviles vendidos y el personal ocupado en la industria automotriz.

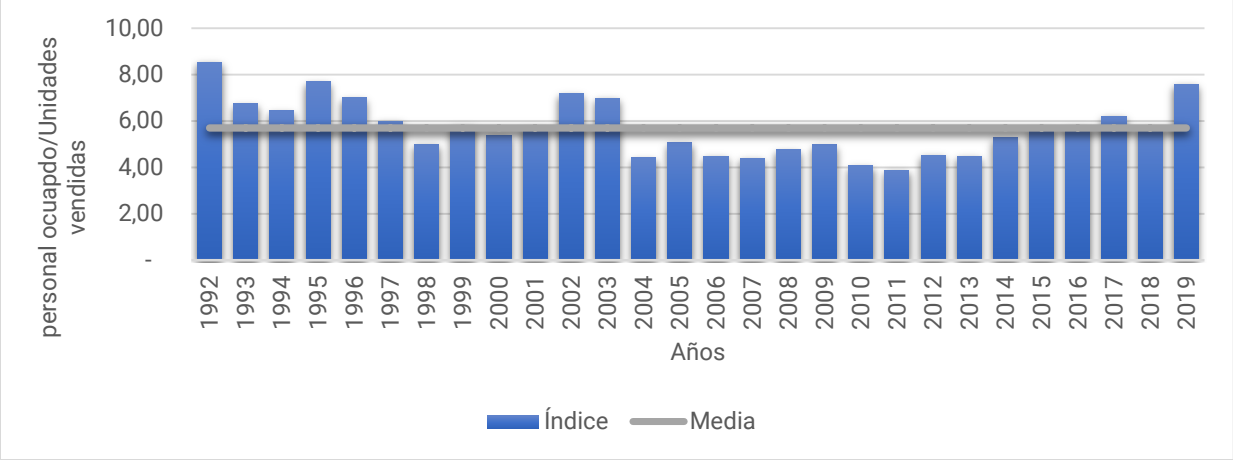
Gráfico 12 Correlación entre ventas y personal ocupado en el sector automotriz



Fuente: Elaboración propia adaptado de datos de ADEFA

El gráfico que está a continuación muestra la tasa, durante este periodo y su media anual, del personal ocupado divido para las unidades vendidas. El promedio anual da como resultado que se generan 6,36 empleos por cada 100 unidades vendidas.

Gráfico 13 Unidades vendidas respecto al personal ocupado



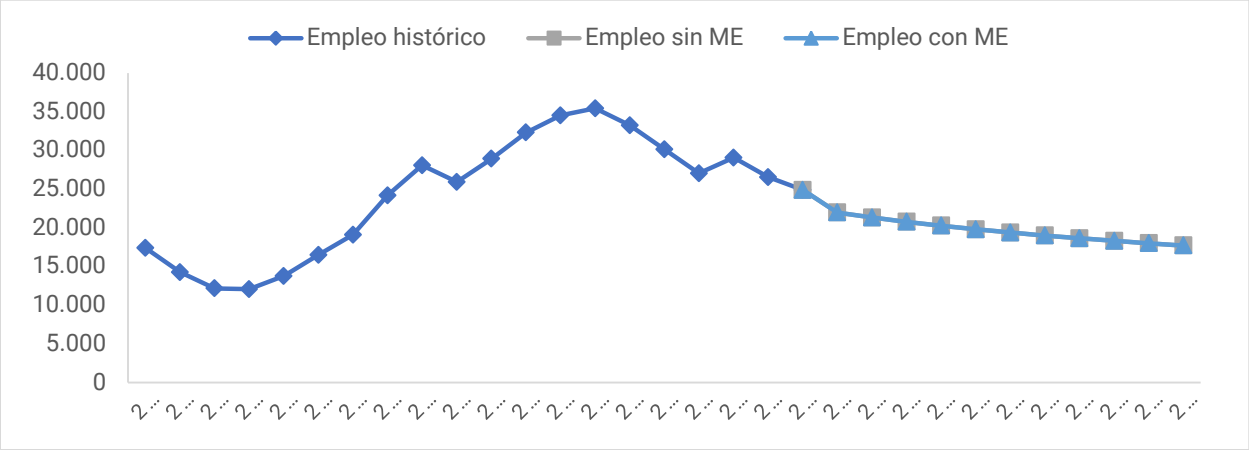
Fuente: Elaboración propia con datos tomados de ADEFA

Continuando la idea de que la penetración de los vehiculos eléctircos sean todos mediante importación, y no fabricación local,el impacto de empleo es nulo por producción, pero se ve afectado debido a que se crearán nuevas plazas de empleo en los servicios automotrices (por ejemplo, talleres mecánicos especializados en tecnología eléctrica, desarrollo de infraestructura de recarga y servicio de recarga eléctrica).

A continuación, se muestran las proyecciones para el sector industrial automotriz en terminos de empleo, en el caso de que se incorporen vehiculos electricos y en el que no se incoorporen. Los resultados muestran, que en ese rubro el desempeño es indistinto. Respecto de la producción automotriz, el siguiente gráfico muestra como la penetración de los vehículos

eléctricos no implica cambio alguno. Este pronóstico pudiera ser distinto, en el caso que se de un inicio de fabricación local de vehículos con tipo de tecnología eléctrica.

Gráfico 14 Estimaciones tendenciales de producción automotriz



Fuente: Elaboración propia

Empleos de industrias encadenadas

A pesar de que la movilidad eléctrica no generaría empleos de forma directa e inmediata en la cadena de producción de los fabricantes, la industrias de servicios automótrices (post venta y autopartistas), si pueden generar empleos y más calificados.

Esta relación de impacto deberá analizarse en futuros estudios, debido a que en primera instancia se tiene que generar las capacidades de talento humano al interior del país, para luego crearse talleres mecánicos de soporte y mantenimiento especializados en la tecnología de los autos eléctricos.

Al igual que han generado industrias de servicios encadenadas los vehículos de combustión interna, como la de abastecimiento de combustibles fósiles y la de mantenimiento y provisión de partes y piezas; la movilidad eléctrica podría hacerlo en muchas veces en las mismas e incluso ampliarlo a industrias asociadas a servicios.

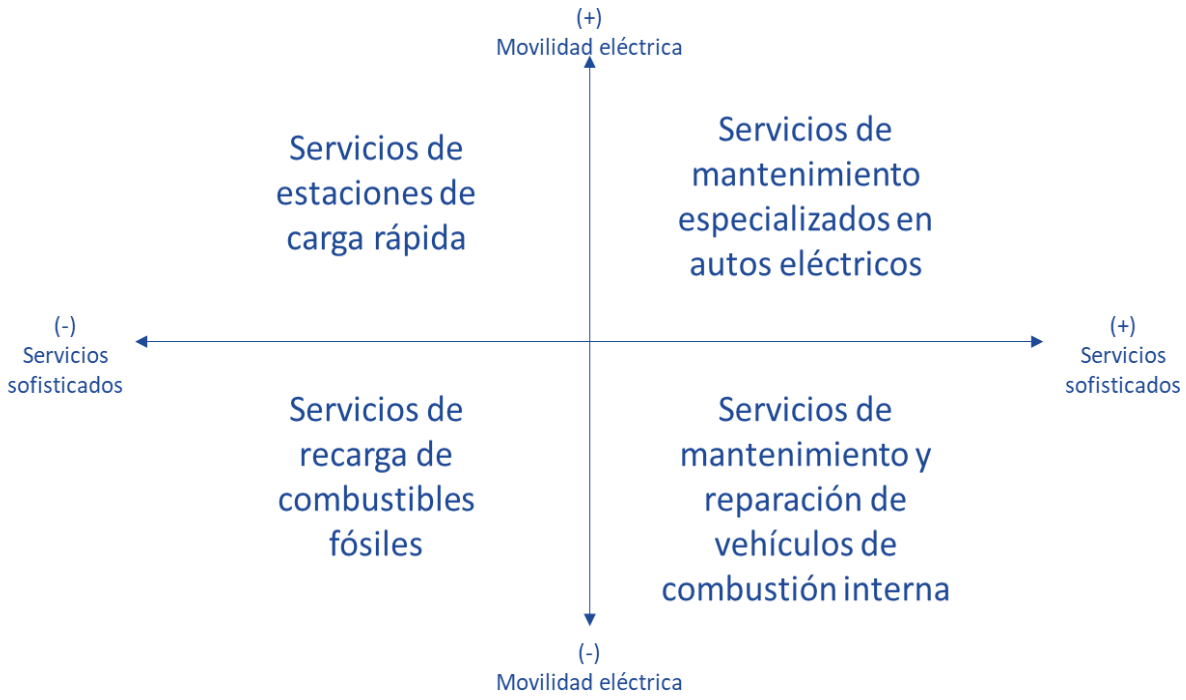
Para el proceso de recarga eléctrica, pueden crearse estaciones públicas de carga rápida ("electrolineras"), lo cual puede generar empleos directos e indirectos: por construcción de obra civil (empleos de corto plazo); y por atención a los puntos de recarga (empleos de largo plazo). Este tipo de empleos requeriría de menos capacidades frente a otros servicios vinculados al desarrollo de la técnología eléctrica, que pueden generarse empleos más sofisticados e intersectoriales, como por ejemplo:

- Para el mantenimiento de vehículos eléctricos, se requiere de personal capacitado, el que deberá formarse en institutos o centros de educación.
- Estos centros de educación contratarán profesionales con experiencia en movilidad eléctrica para capacitar a sus alumnos.

- Se implementarán nuevos talleres de mantenimiento de autos eléctricos, los cuales necesitarán de personal técnico y administrativo.
- Los vehículos eléctricos presentan una nueva visión en la movilidad, donde también se generarán servicios referentes a IT y software.

La ilustración 8 busca plasmar este concepto de forma más visual, presentando en el eje vertical mayor o menor avance en el desarrollo de la movilidad eléctrica, y en el eje horizontal, la sofisticación de las tareas asociadas.

Ilustración 8 Cadena de servicios con posibilidad de empleos



Fuente: Elaboración propia

Impacto fiscal

Los impactos fiscales calculados en el presente trabajo tienen sus detalles metodologicos y cálculos explicados en el Anexo 4b. A modo de supuestos y consideraciones del contexto nacional, se planteo que los impactos pueden suceder desde varios frentes y con bajo las siguientes circunstancias:

- Cuando un país aplica exenciones tributarias para que los precios de los vehículos sean más bajos y fomenten la demanda interna. Bajo este postulado, los gobiernos dejan de percibir ingresos fiscales.

- Si el combustible fósil es subsidiado, el reemplazo a electricidad genera un ahorro fiscal al gobierno en vista de que deja de destinar estos recursos a las subvenciones. Este caso dependerá de la política fiscal de cada país. Puesto que en Argentina la electricidad también esta subsidiada, los recursos finales deberán ser calculados en relación al neto de estos dos estímulos fiscales.

Beneficios arancelarios

Conforme la política de estimulación, el parque automotor de Argentina se maneja con tres tipos de aranceles a la importación vehicular:

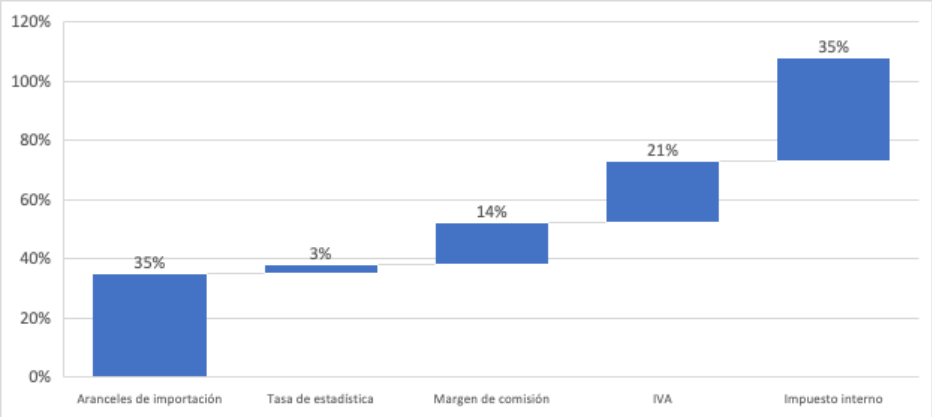
Tabla 23 Tasas arancelarias para vehículos

Tipo de Vehículo	Arancel
	%
Combustión Interna	35%
Eléctricos (BEV)	2%
Híbridos (HEV / PHEV)	5%

Fuente: Decretos 331/2017 - 230/2019 - 846/2020

Mediante Resolución General Nro. 4.257, la Administración Federal de Ingresos Públicos (AFIP) [56] estableció la nueva escala de impuestos internos para vehículos automóviles según su tecnología. Los autos importados tendrían la siguiente carga impositiva [45], desde que llega a puerto el embarque hasta el consumidor final:

Gráfico 15 Carga impositiva de autos importados



Fuente: Elaboración propia AFIP /Consultas técnicas a importadores.

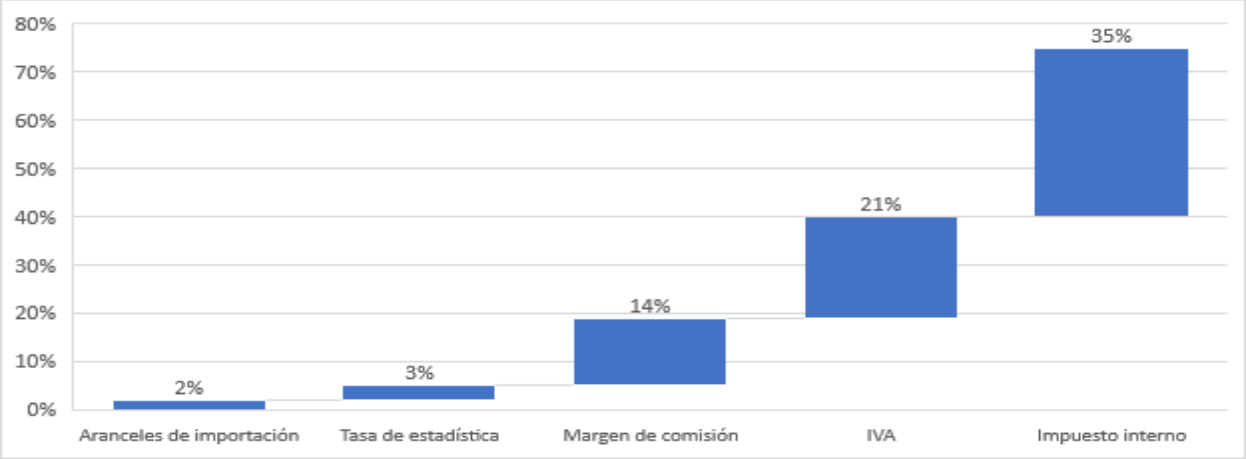
Como estímulo al despliegue de movilidad eléctrica en la Argentina, el Gobierno Nacional, promovió, mediante el Decreto 331/2017 del 11 de mayo del 2017 y el Decreto 230/2019 del 28

de marzo del 2019, alícuotas al Derecho de Importación Extrazona (DIE) para vehículos eléctricos e híbridos.

En resumen, y como lo describe ACARA, *"los que otorgan aranceles preferenciales para la importación. Dado que todos los vehículos que se ofrecen en el país son producidos fuera del Mercosur, el arancel extrazona aplicable sería del 35%. Estos decretos reducen esa alícuota al 5% para los híbridos (HEV / PHEV) y 2% para los eléctricos puros (BEV)"* [46] .

Posteriormente, mediante Decreto 846/2020 del 4 de noviembre de 2020, se continua con los incentivos fiscales a los autos eléctricos por 6 meses. Conforme esta normativa vigente, los aranceles de importación que ascienden al 35% serán únicamente del 2% para los BEV; quedando la carga impositiva de la siguiente manera:

Gráfico 16 Carga impositiva de autos importados eléctricos



Fuente: Elaboración propia Afip / Autoblog

Comparativo de consumo de combustibles

Para el cálculo del impacto fiscal por desplazamiento de combustibles fósiles, cuando aumente la demanda eléctrica, se debe cuantificar el volumen de cada combustible de manera anual que equivalga a los mismos recorridos (km). En la siguiente tabla se muestra el equivalente por cada combustible de los kilómetros recorridos por tipo de vehículo:

Tabla 24 Consumo equivalente anual de combustibles

Tipo Auto	EE para BEV 100% (kWh)	EE debido a la producción de (hidrogeno) (kWh)	NAFTA (litros)	Gas Oil (litros)	GNC (m3)
Motocicletas/Motovehículos	350		140		
Vehículos Particulares (4-5 pasajeros)	1.000		475	430	475
Vehículos de pasajeros Cautivos (Taxis-Remises)	3.000				1.425
Vehículos Utilitarios livianos (Tipo Kangoo)	2.300		950	860	950
Vehículos utilitarios pesados (Tipo Pick Ups-Otros)			1.980	1.800	
Vehículos de Carga Livianos	60.000			8.750	
Vehículos de Carga Pesados		595.350		20.250	
Buses Urbanos (Cautivos)	52.425	218.700		20.250	26.73
Buses Interurbanos (Cautivos)		243.000		18.000	

Fuente: Elaboración propia en base al Modelo GEI 1 del Anexo 1

En el caso de vehículos de combustión interna, en el parque automotor por tipo de vehículo, conviven varias tecnologías que pueden usar diferentes combustibles fósiles, como es el caso de los vehículos particulares donde determinado porcentaje se abastece de nafta, otro de gas oíl y otros de gas natural.

En este sentido, el parque reemplazado por tipo de vehículo y por tipo de combustible es discriminado de acuerdo a los siguientes ponderadores:

Tabla 25 Porcentaje de parque desplazado por tipo de combustible fósil

Tipología de Vehículos	NAFTA	Gas Oil	GNC
Motocicletas/Motovehículos	100%	-	-
Vehículos Particulares (4-5 pasajeros)	45%	45%	10%
Vehículos de pasajeros Cautivos (Taxis-Remises)	-	-	100%
Vehículos Utilitarios livianos (Tipo Kangoo)	40%	50%	10%
Vehículos utilitarios pesados (Tipo Pick Ups-Otros)	5%	95%	-
Vehículos de Carga Livianos	-	100%	-
Vehículos de Carga Pesados	-	100%	-
Buses Urbanos (Cautivos)	-	100%	-
Buses Interurbanos (Cautivos)	-	100%	-

Fuente: Elaboración propia adaptado del PMR-BM estudio de flota 2020 [10]

Para analizar el valor monetario de la carga impositiva por consumo de combustibles fósiles para autos, se utilizan los siguientes precios; así como las tasas impositivas respectivas:

Tabla 26 Precio de combustibles fósiles

Tipología de Vehículos	NAFTA (USD/litro)	GO (USD/litro	GNC (USD/m3
Motocicletas/Motovehículos	1,03		
Vehículos Particulares (4 -5 pasajeros)	1,03	0,94	0,44
Vehículos de pasajeros Cautivos (Taxis-Remises)			0,44
Vehículos Utilitarios livianos (Tipo Kangoo)	1,03	0,94	0,44
Vehículos utilitarios pesados (Tipo Pick Ups-Otros)	1,03	0,94	
Vehículos de Carga Livianos		0,94	
Vehículos de Carga Pesados		0,94	
Buses Urbanos (Cautivos)		0,94	
Buses Interurbanos (Cautivos)		0,94	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 27 Tasas impositivas de combustibles a automóviles

Combustible	IVA	OTROS	TOTAL
NAFTA	21%	29%	50%
Gas oíl	21%	29%	50%
GNC	21%	20%	41%

Fuente: Elaboración propia

Subsidio eléctrico

En una etapa inicial de penetración de movilidad eléctrica, hasta que se despliegue infraestructura de carga rápida, y dado que la experiencia de países desarrollados lo ha demostrado, los vehículos eléctricos serán recargados esencialmente en cada uno de los hogares. Continuando con esta consideración, la tarifa eléctrica cobrada a la movilidad será la correspondiente al sector residencial, la misma que mantiene subsidio tarifario.

De acuerdo a la información sobre el precio monómico medio y el precio estacional de la electricidad, en promedio, desde enero a noviembre del 2020, se registran los siguientes valores tarifarios:

Tabla 28 Tarifas medias de electricidad

Combustible	USD / kWh
Precio Sector residencial	0,045
Costo generación	0,086
Subsidio	0,041

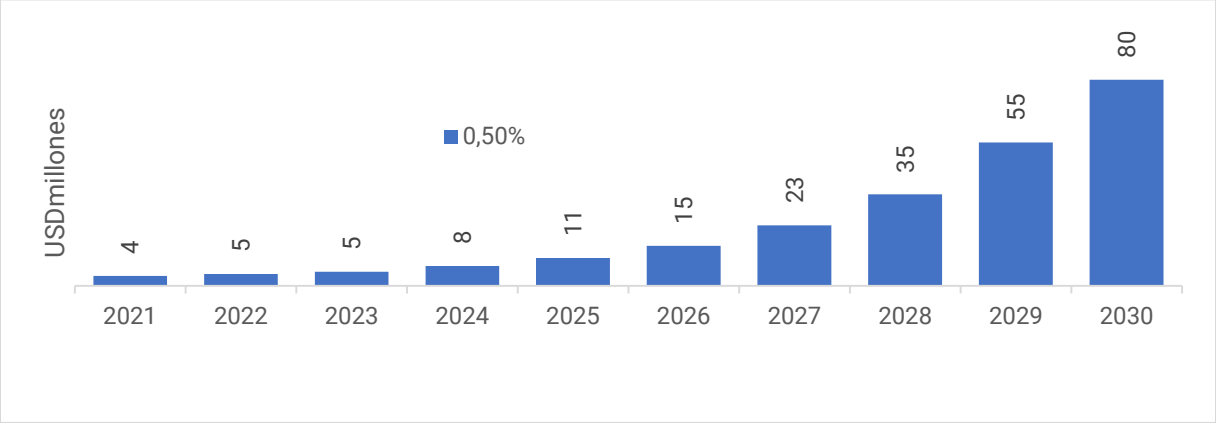
Fuente: Elaboración propia

Resultados del impacto fiscal

Los impactos fiscales por penetración de movilidad eléctrica inciden por: 1) reducción de ingresos fiscales debido a menores tasas arancelarias cobradas a la importación de vehículos; 2) aumento de egresos fiscales por la subvención de la tarifa eléctrica al sector residencial.

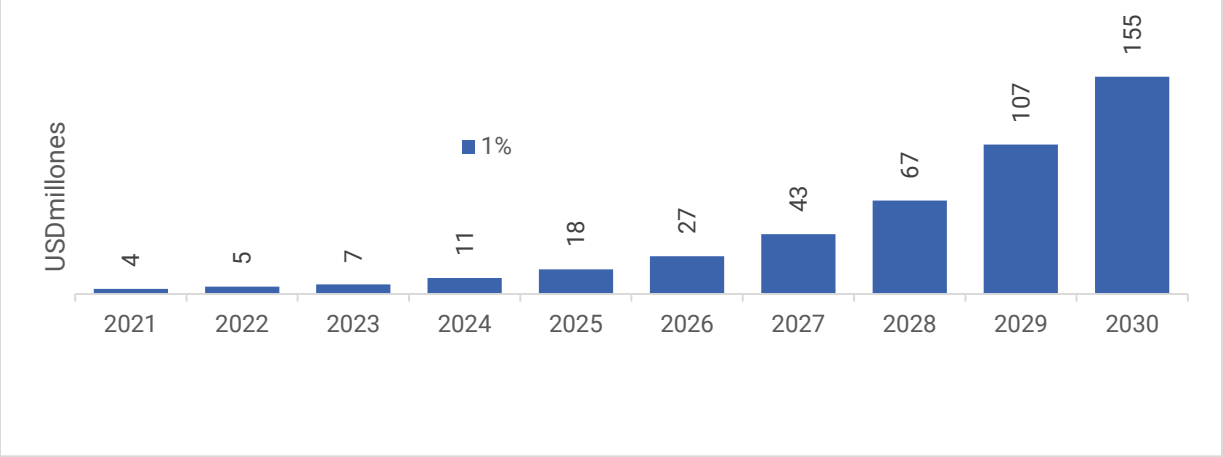
A continuación, se muestran los gráficos con los montos de la reducción de recursos percibidos para cada escenario estudiado:

Gráfico 17 Reducción de recursos fiscales (0,5%) – valores discretos



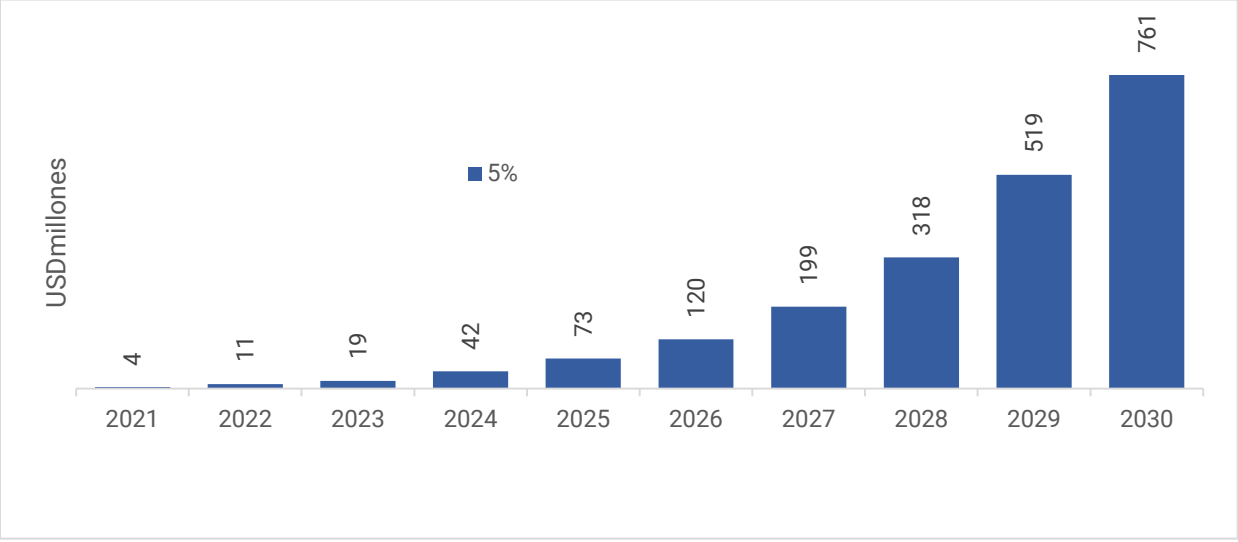
Fuente: Elaboración propia

Gráfico 18 Reducción de recursos fiscales (1%) – valores discretos



Fuente: Elaboración propia

Gráfico 19 Reducción de recursos fiscales (5%) – valores discretos



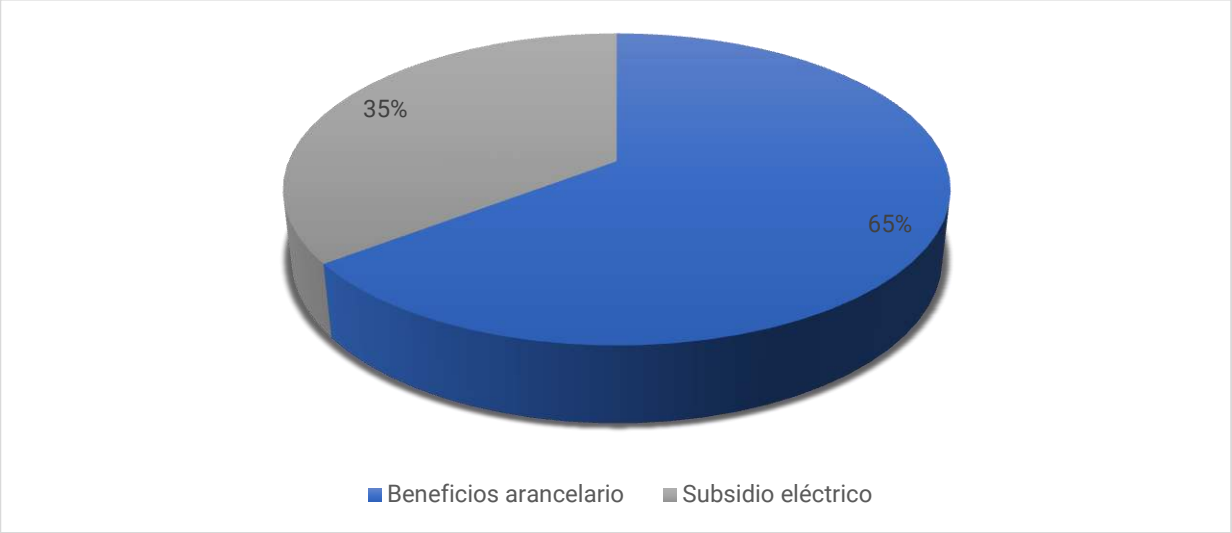
Fuente: Elaboración propia

Bajo la simulación de los tres escenarios de penetración, los impactos fiscales son:

- Una merma en la recaudación fiscal por USD 80 millones para el año 2030. Sumando el acumulado en el periodo 2021-2030 la reducción alcanza un total de USD 241 millones para el escenario de penetración del 0,5%.
- Una merma en la recaudación fiscal por USD 155 millones para el año 2030. Sumando el acumulado en el periodo 2021-2030 la reducción alcanza un total de USD 444 millones para el escenario de penetración del 1%.
- Una merma en la recaudación fiscal por USD 761 millones para el año 2030. Sumando el acumulado en el periodo 2021-2030 la reducción alcanza un total de USD 2.068 millones para el escenario de penetración del 5%.

Al dividir la reducción de recursos fiscales por tipo de política pública para el escenario de 0,5%, la disminución en la captación de ingresos por la reducción de la tasa arancelaria diferenciada representa el 65%. El 35% restante corresponde a los egresos destinados por el Gobierno a subsidiar la tarifa eléctrica. Para los otros dos escenarios de mayor penetración (1% y 5%) las estructuras son: 63% y 37% por beneficios arancelarios y subsidio eléctrico en el escenario 2; y 62% y 38% en promedio para el escenario 3.

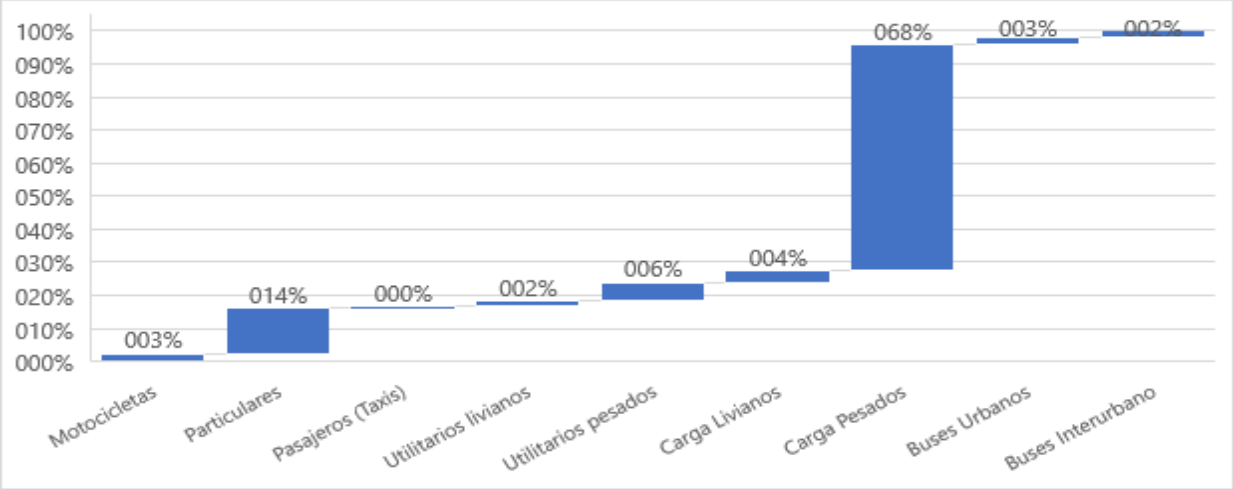
Gráfico 20 Reducción de recursos fiscales por tipo de política pública para escenario de 0,5%



Fuente: Elaboración Propia

En lo concerniente a la diminución de recursos por tipo de vehículo, los vehículos de carga pesada son los que mayores recursos absorben del Gobierno. El 68% de los recursos destinados por subsidio eléctrico e impuestos no recaudados son destinados a esta tipología. Los vehículos particulares son el segundo segmento que más impacto fiscal presenta con un 14% del total.

Gráfico 21 Reducción de recursos fiscales por tipo de vehículo

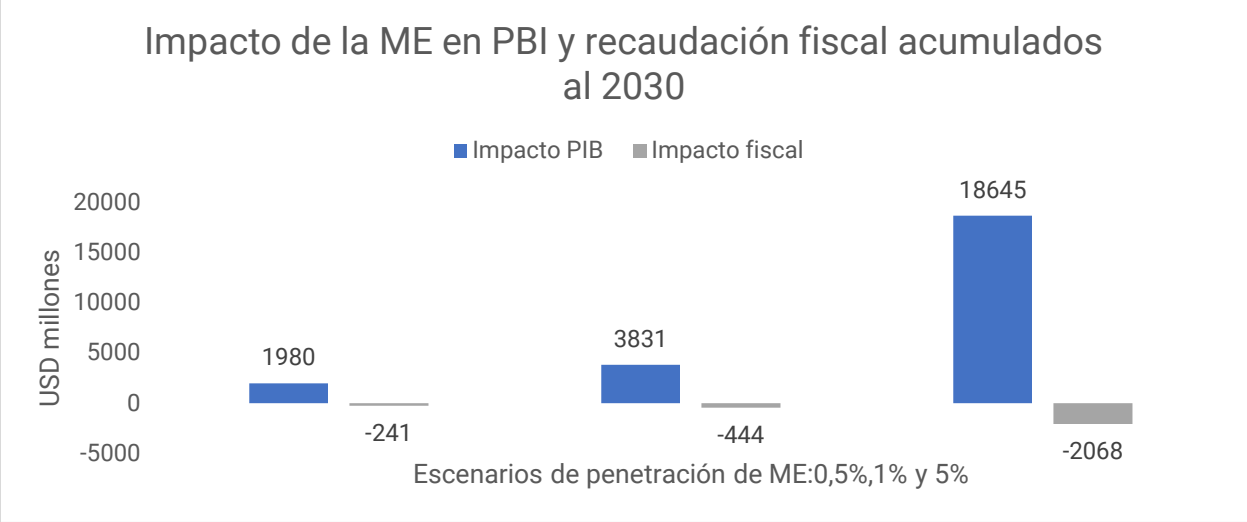


Fuente: Elaboración propia

Consideraciones finales sobre el impacto fiscal

A modo de recopilación final se presenta, en el siguiente gráfico 22, el cruce de los valores acumulados resultantes al 2030 para cada escenario de los incrementos adicionales generados por la movilidad eléctrica en el PBI y los impactos en la merma de recaudación fiscal.

Gráfico 22 Cruce de valores acumulados resultantes al 2030



Fuente: Elaboración propia

Es importante destacar que el impacto aquí presentado debe de ser interpretado con las limitaciones de información disponible al momento de este trabajo. Es recomendable, afrontar un estudio particular específico tanto sobre el impacto fiscal como de empleo en el cual se pueda desgranar con un mayor nivel de detalle las etapas y cantidad de impuestos a la importación, como los impactos en otras industrias y sus implicancias en relación a la generación de riqueza para las cuentas nacionales.

Impactos en la innovación

Caso 1: Creación del consorcio H2Ar

Y-TEC, la compañía de Tecnología de la empresa de energía YPF S.A. y el CONICET (Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas) lanzaron el Consorcio H2ar para el desarrollo de la Economía del Hidrógeno en Argentina, que busca conformar un espacio de trabajo colaborativo entre empresas del sector privado y científico público para acelerar el desarrollo de la cadena de valor del hidrógeno [47].

El consorcio H2ar creado en el mes de febrero de 2020, permitirá a las empresas asociadas, tener acceso a información científica y tecnológica de punta, la generación de capacidades técnicas propias y la creación de modelos de negocios innovadores en un sector que tendrá un rol central al interior del sector energético en la próxima década.

El hidrógeno es un vector energético que posee muchas ventajas como combustible y como almacenador de energía el cual, permite dependiendo de la fuente de origen de la materia prima y la energía eléctrica requerida para su producción, lograr procesos de descarbonización de la economía en los sectores del transporte y la industria, así como en el desarrollo de productos sintéticos con muy baja huella de carbono.

Las tecnologías de producción, almacenamiento transporte y consumo de hidrógeno verde son consideradas a nivel mundial como una de las alternativas tecnológicas más convenientes para avanzar en escalas graduales al 2030 [48] en gran escala al 2050 en la descarbonización del transporte de carga, el transporte público y el transporte de uso personal, mediante vehículos eléctricos de celdas de combustible.

El impacto esperado con el despliegue de las tecnologías del hidrógeno en Argentina al 2030, será además de avanzar paulatinamente en la descarbonización del transporte automotor, el de generar un nuevo sector económico, desplegando capacidades de producción de tecnología a nivel local con recursos humanos propios.

Caso 2: Creación de la Mesa del Litio

La Mesa del Litio es un ámbito multidisciplinario creado por la Universidad Nacional de La Plata (UNLP) [47] [49], ubicada en la Ciudad Capital de la Provincia de Buenos Aires y que coordina, diseña e impulsa proyectos de gran impacto en el sector del litio.

La Mesa del Litio liderada por la UNLP, tiene como objetivo reconvertir el trabajo de investigación y aplicación que desarrollan los diversos grupos de investigación, áreas y laboratorios de la universidad, a partir de la detección de necesidades y potencialidades de las cadenas de valor del litio. De esta manera se abordan problemáticas sectoriales de corto, mediano y largo plazo, vinculadas al proceso de transformación productiva y el desarrollo de conocimiento científico y tecnológico local.

Argentina es considera la tercera reserva mundial de este mineral, el cual es obtenido a partir de procesos de extracción de bajo impacto ambiental. El litio es un elemento principal en la fabricación de todo tipo de baterías. Dados los procesos de promoción de la movilidad electrica en distintos paises del mundo y el desarrollo de modelos vehiculares 100% a bateria, se presenta un escenario favorable para el despliegue de la cadena de valor es la producción de baterías a escala masiva.

Caso 3: Investigación analítica sobre hidrógeno verde para buses

En Septiembre de 2020 en el marco del encuentro de especialistas en Análisis de Ciclo de Vida de Argentina ENARCIV 2020 [50], se presentó la primera investigación analítica para determinar el costo de descarbonización de la oferta de hidrógeno aplicado al transporte en Argentina. El foco del estudio estuvo en buses eléctricos de celdas de combustible que utilizarían hidrógeno verde en una flota de buses de la Ciudad de Rosario, Provincia de Santa Fe. El objetivo fue el de comprender los efectos económicos en la etapa de consumo del combustible en el potencial reemplazo de buses que utilizan motores de combustión interna.

Dicha estudio técnico-económico fue realizada por un grupo de investigadores liderado por el Ing Leonardo Iannuzzi, utilizando la Tesis de la Maestría en Energías Renovables con orientación biomasa de la Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Rosario. Esta demostró que los buses alimentados a hidrógeno verde que puede producirse a partir de la gasificación de la biomasa, cuya fuente de materia prima son plantaciones renovables de rápido crecimiento y rápido corte, tiene la posibilidad de reducir como mínimo el 70% de los gases de efecto invernadero provocados por el consumo de combustibles fósiles en los buses actuales que utilizan motores de combustión interna.

Dicho estudio demostró también que las tecnologías actualmente conocidas para producir hidrógeno mediante electrólisis del agua y reformado de gas natural, para ser consideradas tecnologías descarbonizantes del transporte, requieren fuentes renovables de energía eléctrica y procesos de captura de CO_2 para la obtención de hidrógeno mediante reformado de gas natural. Se obtuvieron entonces datos confirmatorios que demuestran que el hidrógeno utilizado para descarbonizar el transporte automotor debe provenir fundamentalmente de fuentes de materia prima renovables o de energías renovables.

Adicionalmente y a partir del estudio económico de los costos de la oferta de hidrógeno de fuentes renovables derivados de la gasificación de la biomasa, se demostró que con el factor de emisión de la red eléctrica de Argentina en el punto de consumo del orden 0.4 Kg CO_2eq, se puede descarbonizar el transporte en buses sin costos adicionales del combustible fósil actualmente utilizado y más aún, con factores de emisión de la red eléctrica más bajas, se pueden lograr ahorros económicos respecto del consumo de combustible fósil actualmente utilizado en buses.

Estos resultados alentadores, permiten sostener la viabilidad ambiental y económica de la oferta de hidrógeno verde para descarbonizar el transporte público automotor de buses en Argentina y alentar al desarrollo de estudios similares para otro tipo de vehículos que pudieran utilizar hidrógeno.

4. Desafios y oportunidades para la realización del objetivo

4.1 Desafíos del transporte público y contexto de crisis sanitaria y económica. Incertidumbre global

Ofrecer sistemas de transporte público urbano sostenibles y seguros es un desafío para las autoridades nacionales y de la región de América Latina y el Caribe (ALC). La región de ALC es una de las regiones más urbanizadas del mundo, y se espera que el 80% de su población viva en ciudades para 2050. Las autoridades enfrentan cuellos de botella comunes para planificar y brindar servicios de transporte público sustentables que satisfagan las necesidades de las personas en términos de acceso a oportunidades (Foro Internacional de Transporte y Banco Interamericano de Desarrollo, 2020) [51]. Las tres principales fuentes de informalidad son, la vivienda, el empleo y la oferta de transporte, las cuales limitan la capacidad de las autoridades para planificar los servicios; adaptar rutas a la demanda existente; y brindar servicios de buena calidad para todos los habitantes (Banco de Desarrollo de América Latina (CAF), 2017). [52] [53] [54].

Sumado a esto, las ciudades de la región de LAC están cada vez más congestionadas debido al aumento en el uso de vehículos privados. Los aumentos en la propiedad y adopción de motocicletas son particularmente preocupantes [55]. Las restricciones presupuestarias para las autoridades locales y nacionales añaden un obstáculo adicional para mejorar los servicios de transporte público de una manera sustentable que permita aumentar el acceso a oportunidades esenciales para todos y cuiden el medio ambiente. Estos problemas son las mayores barreras estructurales que se encuentran las autoridades a la hora de planificar una movilidad sustentable y baja en emisiones. Y están siempre presentes a la hora de cumplir y alcanzar los objetivos internacionales más amplios, como los Objetivos de Desarrollo Sostenible, la Nueva Agenda Urbana y los Acuerdos de París a los que adhiere la Argentina.

La pandemia de Covid-19 ha ejercido una presión adicional sobre las autoridades responsables del transporte en su búsqueda por garantizar servicios de transporte público eficaces. Como respuesta a la pandemia, las autoridades de la región han implementado diferentes medidas para restringir la movilidad de las personas, al mismo tiempo que buscan garantizar servicios básicos para trabajadores esenciales como personal médico, bomberos y policías. Sumado a estas políticas, el miedo a viajar debido a un posible contagio ha reducido aún más los desplazamientos y el uso del transporte público por parte de los ciudadanos. En ciudades como la Ciudad de Buenos Aires, el tráfico de transporte público a mediados de octubre de 2020 era un 70% menor que el de la primera semana de marzo del mismo año (Banco Interamericano de Desarrollo, 2020) [55].

La disminución del uso del transporte público conlleva graves consecuencias para las autoridades y los operadores, como un posible aumento del uso de vehículos privados, mayor congestión y emisiones, y una mayor presión financiera. Los problemas financieros han puesto especialmente en riesgo la supervivencia de las soluciones de movilidad emergentes, como los

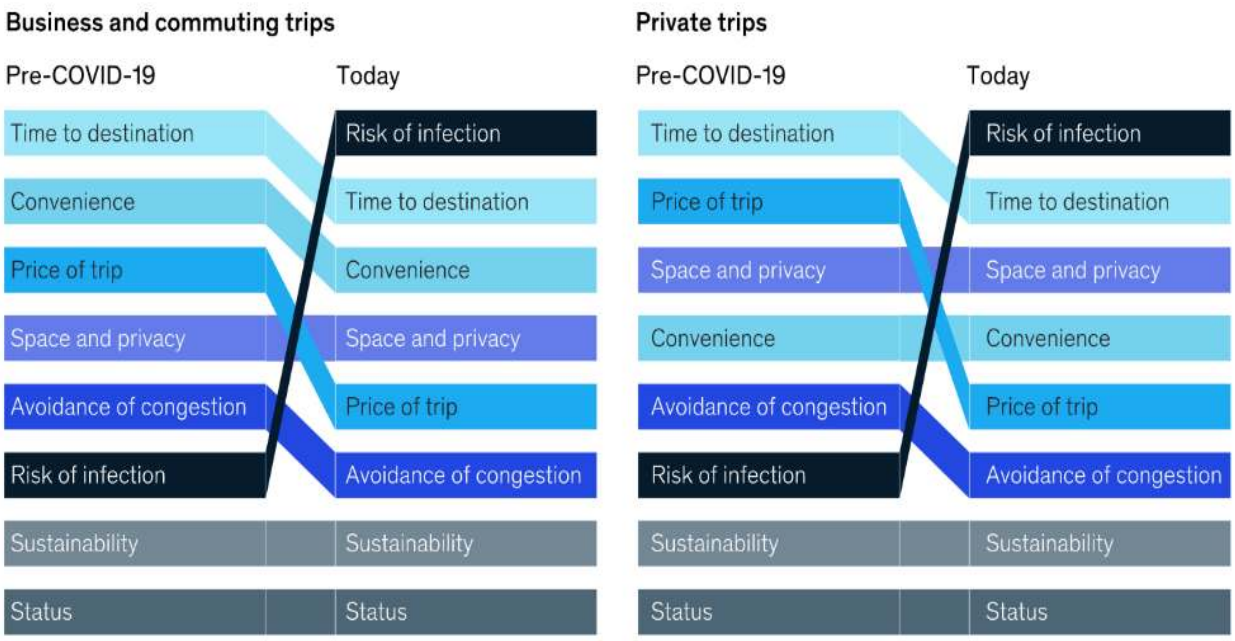
servicios de movilidad compartida (Flores, 2020). Estos desafíos aumentarán a medida que las autoridades enfrenten la necesidad de reabrir las economías, relanzando así la movilidad de las personas, en una región inmersa en una de sus peores crisis económica en la historia reciente (Comisión Económica de las Naciones Unidas para América Latina y el Caribe (ONU CEPAL), 2020).

Proporcionar servicios de transporte público seguros y fiables seguirá siendo un desafío a medida que los países esperan "volver a la normalidad" en términos de salud y exposición a enfermedades. No se espera que esta situación de "vuelta a la normalidad" sea una realidad en las economías desarrolladas hasta, al menos, finales de 2021, dependiendo de la disponibilidad de una vacuna [56]. En este período, los servicios de transporte público enfrentan el desafío de operar de una manera segura, sustentable y confiable para los pasajeros y el personal, así como económicamente viable para los operadores.

Equilibrar estos dos elementos será un desafío, pero es una cuestión clave para poder pensar en un futuro con un sistema de transporte público de pasajeros en buses eléctricos. Las medidas relacionadas con la salud establecidas por las autoridades de la región han dado como resultado una disminución de la capacidad de transporte público al intentar aumentar la distancia entre los usuarios a bordo, lo que mantiene las dificultades económicas para los operadores y agencias y genera preocupaciones sobre la confiabilidad del servicio para los usuarios. Mantener la confianza de los usuarios en los sistemas de transporte público también podría ser difícil, lo que pone de relieve el riesgo de un cambio de modo hacia los vehículos privados, que podría ir en contra de objetivos medioambientales más amplios.

El resultado de cómo sobrepasar estos desafíos mencionados, en la Argentina y en toda la región de LAC, impactarán directamente sobre el éxito o fracaso de una penetración de vehículos eléctricos, particularmente en lo que a flota de transporte público se refiere. Como se presentó en la sección 3.2 del presente trabajo, el caso de Mendoza y CABA explican perfectamente la brecha económica entre adquirir un bus eléctrico y uno a gasoil, la cuales superan los 300 mil USD. Este reto económico se verá incrementado por la incertidumbre respecto la demanda de pasajeros y el tiempo que lleve a los operadores a volver a tener el nivel que existía previo a la pandemia. En el año 2020, “reducir el riesgo de contagio” se volvió la primera razón para que las personas elijan en que modo de transporte viajar, cuando ocupaba el 7mo lugar en el año 2019, como puede verse en la figura siguiente:

Ilustración 9 Riesgos de infección en relación al modo de transporte



Fuente: Mc Kinsey Sept 2020, Five COVID-19 Aftershocks Reshaping Mobility's Future [56]

4.2 Recuperación económica verde. En línea con acuerdo de París y NDC. Potencial de ME limpia

El año 2020 presentó, a nivel global, una de las mayores crisis económicas y sanitarias en la historia desde la 2da Guerra Mundial. La pandemia ocasionada por el COVID19 llevo a que prácticamente todos los países del mundo adoptaran cuarentenas y restricciones de circulación, llevando a la económica mundial a una de sus caídas más pronunciadas. Sin embargo, también, abrió el camino para pensar una recuperación y reactivación del sistema económico a nivel global combinando el énfasis en restaurar el crecimiento y la creación de empleo con el logro de metas y objetivos ambientales. Esta noción, se la conoce o menciona como la idea de una "recuperación verde" o "volver mejores" [57].

A nivel global, los compromisos de Paris, las NDC empujan estas nociones y junto a demandas de la sociedad civil llevan a los gobiernos a pensar que los sistemas de transporte actuales, al igual que los modelos de negocios "*as usual*" -(como siempre)- han muerto, y es necesario repensar una sistema económico global el cual cuide y proteja el medio ambiente y los recursos naturales [58].

En lo que respecta a la Argentina, la crisis económica y sanitaria, no fue la excepción, el PBI cayó alrededor de 10-12 puntos y las proyecciones para el 2021 son las de una recuperación con un crecimiento del 5%.

En materia de recuperación verde, el país presenta una serie de desafíos particulares que deben ser tenidos en cuenta, especialmente para las proyecciones e incremento de las energías renovables en el total de la matriz energética de Argentina.

No habrá un único factor que determine, que Argentina y la economía global, pueda emprender un camino de reactivación y recuperación económica limpio en cuanto a emisiones y medio ambiente, es necesario una combinación de iniciativas para cumplir dicho objetivo y acelerar la electro movilidad.

Ante ello es necesario crear condiciones legislativas, técnicas y de mercados que impulsen estas acciones, tales como estandarizar la tecnología de recarga de los vehículos, la de generación de incentivos a la compra de VE, impuestos a vehículos de combustión interna y a combustibles fósiles, junto con fuertes políticas de eficiencia energética y de inversión pública y privada en materia de infraestructura eléctrica [59].

A continuación mencionaremos algunas de las cuestiones que pueden aparecer como oportunidades para encarar este camino, siempre que exista una fuerte decisión tanto pública como privada para que éstas se vuelvan realidad.

Evitar - Cambiar - Mejorar

Bajo el concepto de Evitar-cambiar-mejorar, el transporte de carga en Argentina tiene una gran oportunidad de mejora y de uso más eficiente de la energía. El transporte de carga argentino se realiza en un 90% mediante camiones y transporte carretero. En primer lugar, promoviendo y formando a las empresa y conductores en conceptos de gestione eficientes de flotas y un manejo ecológico de las unidades. Esto se enmarca en el concepto de eficientizar la energía que se utiliza. Este sector tiene aún mucho por recorrer en esta línea la cual no requiere una inversión mayor.

En segundo lugar, focalizar y explotar las particularidades argentinas con el GNC y GNL en el corto plazo, pero con la mira en la adopción de la tecnología del hidrogeno para un periodo de mediano y largo plazo.

4.3 Litio en Argentina

Pero para la Argentina, la mayor oportunidad vinculada al desarrollo de la movilidad eléctrica se encuentra en generar valor agregado al litio producido en el país. Particularmente hacia la producción de baterías de ion-litio.

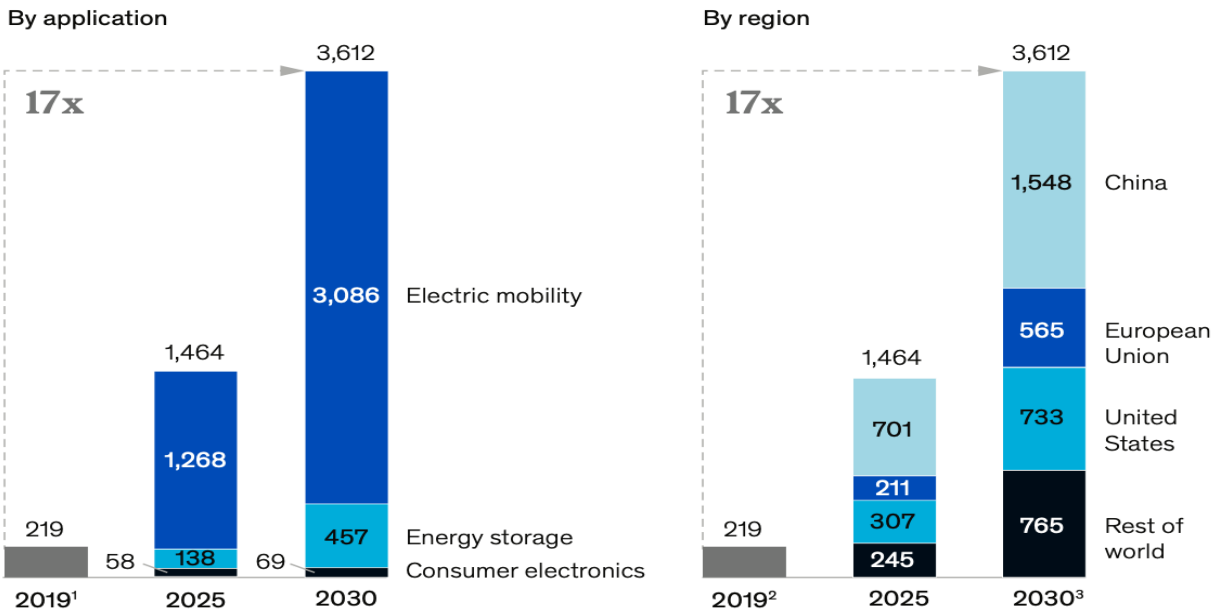
Las baterías de ion-litio son la clave de los vehículos eléctricos, y dada la capacidad productiva de litio del país, la movilidad eléctrica aparece como una oportunidad para generar valor agregado y empleo, que actualmente se exporta como materia prima. Como se mencionó en secciones anteriores el país cuenta con capacidades en I+D en el área y con proyectos piloto de fabricación de baterías.

En el marco de la “nueva normalidad” que generó la pandemia del covid-19, distintos artículos y estudios de mercado resaltan la oportunidad que tienen las baterías de litio en los próximos 10 y 20 años.

Estimaciones sobre los usos internacionales de las baterías, desde vehículos eléctricos hasta teléfonos móviles y otros productos de consumo, podrían aumentar su demanda de baterías 17 veces para el 2030 respecto lo que fue la demanda en 2019. Eso significaría grandes cambios para la industria y también podría traer enormes beneficios para los costos de los vehículos eléctricos y los estados que poseen litio.

Se espera que la demanda de baterías de iones de litio crezca a más de 3500 gigavatios hora (GWh) para 2030, desde aproximadamente 220 GWh en 2019. La estructura de esta demanda de baterías de iones de litio también estará cambiando: los productos electrónicos de consumo podrían representar sólo un 2% en 2030, frente al 18% actual. Mientras que las baterías para automóviles, camiones y autobuses eléctricos podría aumentar a más del 85% del total, desde el 7% que fue en 2020 [60][61][62] como puede verse en el cuadro siguiente.

Gráfico 23 Demanda de baterias



Fuente: Mackinsey & Company 2020, Building a more Sustainable Battery Industry, By Bernd Heid, Sean Kane, Ann Patrick Schaufuss [74]

Como conclusión de este estudio, se estima que en un futuro donde se expanda el modelo de negocio de las baterias, podría oscilar entre USD 130 mil millones a USD 185 mil millones al año en 2030 [62] [63]. Sin embargo, se aclara que más de la mitad de ese valor provendría de nuevas aplicaciones, por ejemplo, el crecimiento de vehículos eléctricos, estaciones de carga de vehículos, activos de distribución de energía y nuevas tecnologías que permitan transferir la energía de las baterías en vehículos a la red domestica local. El valor restante se generaría en la

minería y el procesamiento, la producción de celdas y paquetes de baterías y una industria de reciclaje ampliada.

La oportunidad para Argentina se presenta en referencia a establecer las condiciones necesarias para que el crecimiento tenga un impacto profundo en toda la cadena de producción del litio. Esto implica transferencia de conocimiento y generación de empleos calificados para que no repercutan exclusivamente en la extracción de la materia prima.

Como último concepto clave respecto de la potencialidad del litio y las baterías, aparece el ciclo de vida de las mismas. Es vital que en el mismo plan de acción en donde se planifique y focalice en su producción, se considere el ciclo de vida completo de las baterías. Esto significa, su disposición post vida útil. En caso de dejar esto librado al azar, estas baterías podrían causar daños ambientales como lo hacen las baterías comunes. En este sentido globalmente se está planteando darle un enfoque de economía circular, promover una segunda vida útil de las mismas previo a un destino final apropiado y cuidando el medio ambiente.

La industrialización del litio

Argentina es el tercer país productor mundial de litio, material clave para las baterías de ion-litio (BIL) de los VE, y se espera que la producción nacional continúe creciendo durante los próximos años. El mercado de VE está empujando la producción masiva de BIL .

Dado que es un mercado que continúa creciendo a nivel global y regional, surge la oportunidad de explorar la posibilidad de que Argentina se convierta en un país productor de BIL. De minima al menos, generar algún valor agregado sobre el mineral antes de exportarlo. Además, teniendo en cuenta que Argentina es un país con una industria automotriz importante, aparece la oportunidad de que esto lleve en un futuro al desarrollo de una industria de VE en el país.

Como puede verse, Argentina se posiciona tercero por cuarto año consecutivo en lo que respecta a nivel de producción, con una producción de 33 kilotoneladas de carbonato de litio equivalente (kton LCE) extraídas durante 2018. A su vez, a raíz de las instalaciones en desarrollo, se espera que para 2022 la capacidad instalada alcance las 129 kton anuales y, de concretarse las inversiones anunciadas, 259 kton para 2023. Esto posicionaría a la Argentina como el segundo productor mundial de dicho recurso, prácticamente a la par de la capacidad actual australiana.

También puede apreciarse en la tabla el fuerte crecimiento en la producción australiana. Dicho incremento hizo que exista una sobreoferta de litio en el mercado, con lo que su precio dejó de crecer en 2019 por primera vez en casi 10 años.

La creciente demanda del litio en los últimos años, fomentada en primer lugar por el crecimiento del mercado de la electrónica de consumo que también utiliza BIL (smartphones, laptops, tabletas, etc.), y más recientemente, por el auge de los VE, ya ha generado una expansión considerable en la cantidad de recursos identificados mundialmente (siendo hoy

76% superiores a los registrados en 2011). En el caso de Argentina, en el acumulado 2015-2018, la inversión en exploración creció un 92%, cuando la media global fue del 10%. Actualmente, más de la mitad de los recursos identificados en el mundo se encuentran en el denominado "Triángulo del Litio", zona geográfica que comprende el noroeste argentino, el norte de Chile y el sur de Bolivia.

En este sentido, la provincia de Jujuy ha sido punta de lanza. En 2011 formó la empresa estatal Jujuy Energía y Minería Sociedad del Estado (JEMSE), la cual posee un 8,5% de Sales de Jujuy, una empresa extractora compuesta también por Orocobre (Australia) y Toyota (Japón). La participación de JEMSE en Sales de Jujuy le da el derecho a un 5% de la producción de carbonato de litio de la empresa, lo cual le sirve al estado como instrumento para negociar la localización de empresas que agreguen valor al litio en la provincia. Por otra parte, en 2015 se fundó el Centro de Investigación y Desarrollo en Materiales Avanzados y Almacenamiento de Energía en Jujuy (CIDMEJU) con el objetivo de potenciar las capacidades tecnológicas y productivas en torno al litio, particularmente en el almacenamiento de energía, es decir, BIL. Actualmente el CIDMEJU está más orientado hacia el desarrollo de tecnologías orientadas hacia hacer más eficiente la extracción del litio, con el objetivo de mejorar la rentabilidad de la producción.

El costo del litio está incluido dentro del costo del cátodo, que a su vez se compone de otros materiales más costosos. Puede verse que más de la mitad del costo de la batería consiste en materiales, entre los cuales el litio no tiene un rol muy protagónico. El resto del costo se lo llevan costos de producción relacionados con la mano de obra, energía utilizada, etc. Y costos operativos, como los gastos administrativos, garantías, etc. Por lo tanto, contar con el recurso del litio representa una ventaja limitada sobre aquellos que no lo tienen pero que ya cuentan con el resto de la cadena productiva activa.

4.4 Difusión, escalamiento y replicación del proyecto JEMSE-SERI y políticas que apoyen la industria local de BIL

Resulta necesario desarrollar la industria para ser competitivos en el mediano y largo plazo. El mercado de BIL local para la movilidad eléctrica aún es prácticamente inexistente, pero se espera que esto cambie durante los próximos 10 años a medida que las ventas de VE crezcan y, también, la incorporación de fuentes de energía renovables intermitentes aumente. A esto debe sumarse no solo el acelerado crecimiento del mercado global sino las altas metas impuestas por países de la región que no son productores de vehículos. Como ejemplo, Ecuador tiene regulado por ley nacional que el 100% las compras en el servicio de transporte público deberán ser de cero emisiones in situ a partir de 2025, Chile y Costa Rica, mediante sus Estrategias de Planificación Climática de Largo Plazo tienen metas de descarbonización total del sector transporte público.

En la actualidad el mercado de BIL es dominado principalmente por países asiáticos. La transición masiva de la movilidad hacia los VE plantea un desafío para aquellos países que aún

están atrasados en dicha tecnología, debido a la gran dependencia que tendrían para la provisión de baterías.

Este escenario motiva la formación de alianzas como la que se dio entre JEMSE y el grupo italiano SERI, que busca asegurarse una provisión de Litio e insertarse en el mercado de BIL. Este tipo de oportunidades podrían potenciar la capacidad productiva de mineral de litio de calidad batería e incluso el desarrollo de productos de mayor valor agregado en el país. Se propone, por lo tanto, como cuarta línea de acción, el desarrollo de un eje estratégico Argentina-UE para la producción de BIL con el apoyo de Euroclima+; que ayude a la Argentina a crecer en la industria del Litio mientras los países de la UE se aseguran una provisión de BIL propia.

4.5 El potencial de producción de hidrógeno verde en Argentina

De acuerdo al informe de la Agencia Internacional de Energía, elaborado para el G20 de 2019 de Japón denominado *"The Future of Hydrogen, seising today´s opportunities"* [48], destaca que *"ha llegado el momento de aprovechar el potencial del hidrógeno para desempeñar un papel clave en un entorno limpio, seguro y energéticamente asequible".* Esta aseveración surge de diversas iniciativas a nivel mundial tanto en Japón, Australia, Europa, especialmente de Alemania, Canadá, Corea del Sur y Estados Unidos para mencionar algunos países que van a la vanguardia y poseen más de medio siglo de experiencia en la producción y uso del hidrógeno a gran escalan en diversas aplicaciones tales como la industria aeroespacial, la industria de los combustibles fósiles, la siderurgia, el vidrio y los fertilizantes para nombrar algunos de ellos.

Además de los usos actuales y de acuerdo al mismo reporte el hidrógeno, se perfila para los próximos 30 años como un vector de energía, aplicado a la movilidad eléctrica a través de vehículos de celdas de combustibles que se alimenta de hidrógeno comprimido, principalmente para vehículos y movilidad de alta potencia tales como buses, camiones, trenes, autoelevadores y barcos entre otros.

Por su parte Argentina posee también experiencia industrial de producción de hidrógeno de gran escala tal como se menciona en publicación *"Potencialidades del Hidrógeno como Vector de Energía"* [18], como puede apreciarse en la siguiente Tabla 29.

Tabla 29 Producción de hidrógeno en Argentina y sus diversos usos en el año 2010

Empresa	Localización	Producto Final	Capacidad (t/a)	Producción de H_2 (Nm^3/h)
Profértil	Bahía Blanca	Amoníaco, Urea	690000	186000
PASA S.A.	Campana	Amoníaco, Urea	115000	1145
Fabrica militar	Rio Tercero	Amoníaco	12000	122
YPF S.A.	Ensenada	Metanol	25000	3600
YPF S.A.	Plaza Huincul	Metanol	400000	57500
Resinfor Metanol S.A.	Gral San Martín	Metanol	50000	7190
YPF S.A.	Luján de Cuyo	JP	Sin datos	Sin datos
Siderca	Campana	Hierro Esponja	Sin datos	70200
Siderar	San Nicolás	Hierro Esponja	Sin datos	Sin datos
Air Liquide	Distribuido en todo el territorio	Gases Especiales	Sin datos	Sin datos
AGA	Distribuido en todo el territorio	Gases Especiales	Sin datos	Sin datos

Fuente: Tomado y adaptado de Laborde et al [18]

Sin embargo, la producción de hidrógeno y su uso para movilidad eléctrica para Argentina requerirá una estrategia nacional y una Hoja de Ruta propia. La gran oportunidad de Argentina es producir hidrógeno verde y/o gris a gran escala. Gracias al potencial y natural disponibilidad de recursos energéticos, se podría pensar un esquema en el cual no sólo abastecer la demanda local futura de la movilidad eléctrica, sino también a la demanda de hidrógeno verde internacional. En ese marco existe hoy el caso de la Hoja de Ruta del Hidrógeno para Alemania, denominada National Hydrogen Strategy [64] [31], que a través de su Plataforma PtX [65], busca la promoción y captación de alianzas estratégicas internacionales para abastecer la proyectada demanda de hidrógeno verde para dicho país. Argentina podría abastecer de hidrógeno verde a Alemania a gran escala.

Será una gran oportunidad para Argentina acoplarse estratégicamente en el escenario mundial, desde la demanda de la movilidad eléctrica y de nuevas demandas de hidrógeno verde previsto utilizar para el logro de la carbono neutralidad al 2050.

4.6 Comparación entre combustibles fósiles líquidos convencionales, biocombustibles, gas natural comprimido y gas natural licuado

El avance del presente proyecto GCF se fundamenta en las directrices de las autoridades nacionales que están convencidas de la necesidad de avanzar en la transición energética para la descarbonización del transporte. Esto requiere establecer y contar con criterios basados en información objetiva y confiable para la toma de decisiones, y utilizar herramientas de análisis para comprender con mayor profundidad y precisión variables del contexto, entre las cuales se encuentran: cómo y cuándo conviene insertar la movilidad eléctrica, cómo y con qué

condiciones compiten con las ofertas existentes de biocombustibles y GNC y potencialmente futuras de GNL, y qué costos implicaría asumir en dicha transición para avanzar en un proceso eficiente de descarbonización del transporte, entre otros criterios.

Entonces, en este sentido, a continuación se resaltan las variables de **contexto** y las **herramientas/criterios** a utilizar en este proceso de transición.

Contexto

El proyecto GCF tiene el foco en la movilidad eléctrica y es esperable y necesario que se fomente dicha tecnología. En todo caso, es importante destacar que tanto la legislación nacional como provincial han fomentado -hasta el momento del presente estudio- la producción y consumo de combustibles alternativos o biocombustibles. Considerando que hay expectativas de que dichos regímenes de fomento se mantengan por algún tiempo más, se entiende que cualquier nueva tecnología que se incorpore, especialmente todas las asociadas a la movilidad eléctrica, competirán con las tecnologías existentes, que presentan ya alguna posibilidad de descarbonización del transporte a bajo costo.

Argentina ha sido productor de nafta o gasolina desde 1930 y gas oil desde 1945 logrando abastecer en un altísimo porcentaje la demanda local [66] [67] [68] [69]. Desde fines de los años 80 y principios de los 90, comenzó una carrera exitosa para el uso del gas natural comprimido (GNC), también producido localmente, especialmente para abastecer el consumo de vehículos livianos que es utilizado hasta el día de hoy [70]. Luego de Italia y de China, Argentina es el tercer país con mayor cantidad de vehículos livianos que circulan a GNC [71].

Desde el año 2006 se incorporaron y reglamentaron leyes de fomento y promoción de biocombustibles [72], principalmente del biodiesel y del bioetanol [73]. Gracias a ello, la producción no sólo abastece la demanda local de cortes o mix de biocombustibles (actualmente 10% para el biodiesel y 12% para el bioetanol), sino que los excedentes generan saldos exportables que se ubican a en diversos destinos internacionales [74] [75].

La producción de los combustibles mencionados anteriormente, local en todos los casos, conforma un conglomerado industrial y tecnológico sumamente importante para la economía nacional y regional, la generación de empleo y la innovación tecnológica.

La cadena productiva de los combustibles antes mencionados está presente en diferentes áreas en el país. Así, la deseable penetración de la movilidad eléctrica, que posee ventajas muy competitivas, implicará considerables cambios de infraestructura, tipos de empleo, así como cambios sociales y culturales de magnitud. El análisis de esos impactos excede el presente entregable, pero será necesario considerar, revisar y comprenderlos para un análisis amplio de las potenciales barreras para la movilidad eléctrica en Argentina. Un primer balance de dichas barreras se realizará en el Entregable 2 del presente proyecto.

Como se menciona anteriormente, en Argentina, existe una competencia entre tecnologías con descarbonización del transporte, la movilidad eléctrica, los biocombustibles y el GNC.

Los biocombustibles de Argentina reducen en el ciclo de vida, para su producción y consumo, hasta 70% o inclusive más los GEI generados por los combustibles fósiles [76]; Es

por ello que nuestro país ha exportado biodiesel y bioetanol al mercado europeo mediante el cumplimiento y certificación de las directivas EURED I [77] y EURED II [78].

Asimismo, la capacidad de producción local de biodiesel es importante con respecto a la capacidad de producción internacional. En el año 2011 [79], Argentina se convirtió en el primer exportador mundial de biodiesel derivado de aceite de soja y posee una de las más importantes capacidades instaladas de producción acopladas a una cadena agroindustrial muy competitiva a innovadora [75]. De otra parte, en Argentina, según MAIZAR /Asociación de Maíz y Sorgo Argentino) [80] y la Bolsa de Cereales de Buenos Aires [81], la producción local de maíz podría aumentar en los próximos diez años un 50% respecto de la producción actual, acentuando la disponibilidad de la materia prima principal para la producción de bioetanol de origen local.

Además de las leyes de promoción nacionales, las principales provincias productoras de biocombustibles -Santa Fe, Córdoba y Buenos Aires-, han aumentado, en los últimos tres años, los porcentajes de mezclas o cortes mayores a los mínimos nacionales (del orden entre el 20% al 50%), para fomentar el consumo de biocombustibles dentro de su territorio, a fin de afianzar la sostenibilidad de la economía local, utilizando la materia prima y el producto elaborado localmente. Dichas reglamentaciones provinciales orientan el consumo, prioritariamente, hacia flotas de transporte público y el sector agrícola (camiones y maquinaria, tales como sembradoras y cosechadoras) hasta llegar en algunos casos a reemplazar en un 100% el gas oil fósil por el biodiesel [82] (caso de la Ciudad de Rosario, Provincia de Santa Fe, con una flota de aproximadamente 900 buses, en el año 2019).

Por su parte, el GNC es el combustible menos contaminante de todos los combustibles fósiles [83] [84], y en Argentina logra en su etapa de combustión el menor nivel de particulado y de óxidos de azufre en comparación con combustibles líquidos tipo EURO VI [85]. Además, el GNC de Argentina, considerando publicaciones internacionales [85] [86] [87], en ciertas condiciones y yacimientos de extracción convencionales, puede competir en la reducción de GEI en el orden del 20% para el reemplazo de unidades antiguas de transporte que consumen gas oil, considerando todas las etapas del ciclo de vida entre su producción y consumo.

De otra parte, el gas natural licuado (GNL) es utilizado incipientemente en los corredores viales de la Provincia de Neuquén [88] [89] [90], promovido actualmente por YPF S.A. El GNL se comienza a utilizar en camiones de gran porte gracias a su autonomía de grandes distancias (450 km o más), en comparación con la del GNC (250 a 300 km promedio). Aunque aún no existe recolección de datos sobre la reducción de emisiones GEI respecto de una unidad móvil a gas oil en Argentina, se estima que podrían obtenerse reducciones del orden del 5%, mientras la comparación se realice con el nivel de mezcla de gas oil (90%) y biodiesel (10%) consumidos actualmente.

Argentina cuenta con la tercera reserva mundial comprobada de gas natural, especialmente en la zona de la formación del yacimiento denominado Vaca Muerta [91], Provincia de Neuquén. En condiciones viables de explotación y comercialización, el abastecimiento de GNC y GNL se encontraría garantizado por varias décadas, incluido el uso para el transporte. No obstante, hasta que los proyectos estén completamente operativos, en épocas de alta demanda implicaría la importación de gas natural, generando una nueva situación o variable de contexto a incluir en el balance GEI del ciclo de vida del gas natural consumido en el transporte.

Criterios y herramientas

A nivel internacional, se utilizan los conceptos de “carbon pricing”, o “avoided carbon pricing” [92] [93] [94] [94] [95] [96], para representar el costo de una nueva tecnología en comparación con la tecnología de referencia, siempre y cuando la nueva tecnología logre reducir más emisiones GEI que la tecnología de referencia o a reemplazar.

Cabe destacar que este concepto aplicado en un indicador permite poner en igualdad de condiciones a todas las tecnologías que presentan algún nivel o capacidad de descarbonización y representa el costo marginal para producir un resultado descarbonizante de la nueva tecnología respecto de la tecnología de referencia.

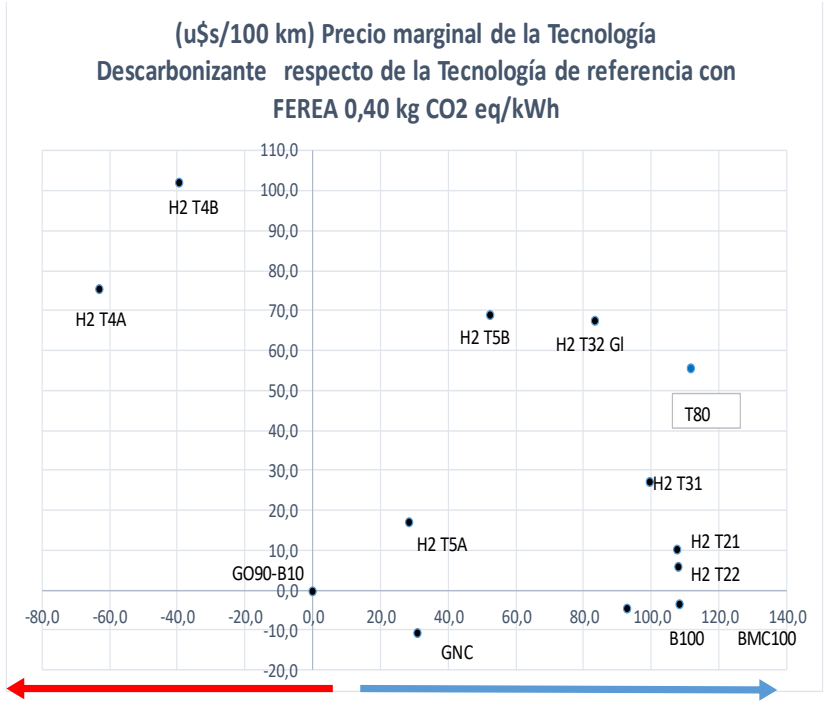
Estudios preliminares recientes [97] mostraron resultados para obtener el “carbon pricing” de la oferta de hidrógeno de fuentes renovables, en comparación del mix de consumo de combustibles de buses mayormente fósil (90% de gas oil fósil y de 10% de biodiesel) a precios internacionales en dólares estadounidenses.

Con base en dichos resultados, a continuación se muestra en dólares estadounidenses el valor del CO2eq evitado de realizar la transición del transporte público con base en diferentes combustibles (100% con biocombustibles, a GNC y buses a 100% baterías).

En las ilustraciones que siguen puede apreciarse la ubicación relativa en la que se encuentra el GNC, las mezclas de biodiesel y diversas tecnologías para la producción de hidrógeno y vehículos 100% a baterías.

Ilustración 10 Avoided carbon pricing para la descarbonización en el transporte de buses. Costo del lado de la oferta de combustible, para un factor de emisión de la red eléctrica argentina de 0,4 kg CO_{2eq}/kWh

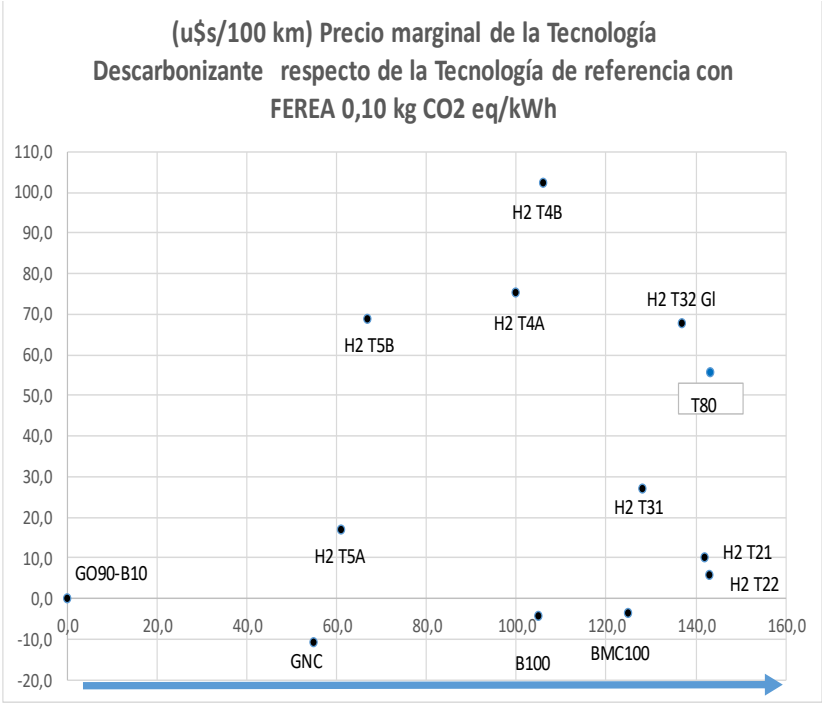
TECNOLOGIA	MOTOR	COMBUSTIBLE	Materia prima ppal. que produce el combustible	Ton CO2eq evitado/100 km	Porcentaje de reducción de emisiones GEI (%)	(u$s/100 km) Precio marginal de la Tecnología Descarbonizante respecto de la Tec de referencia con FEREA 0,40 kg CO2 eq/kWh
T1	MCI	GO90-B10	PETRÓLEO	0,0	0%	0,0
T21	CC a H2	H2	BIOMASA DE ALAMO	108	69%	10,2
T22	CC a H2	H2	BIOMASA DE RSI	108	70%	6,0
T31	CC a H2	H2	BIOMASA DE SILAJE DE MAIZ	99	64%	27,2
T4A	CC a H2	H2	ENERGIA ELE.	- 63	-41%	75,4
T4B	CC a H2	H2	ENERGIA ELE.	- 39	-25%	102,3
T5A	CC a H2	H2	GAS NATURAL	29	18%	17,0
T5B	CC a H2	H2	GAS NATURAL	52	34%	69,0
T32	CC a H2	H2	GLICEROL	83	54%	67,7
T61	MCI	GNC	GAS NATURAL	31	20%	-10,7
T63	MCI	BMC	BIOMETANO	109	70%	-3,4
T80	E	ELECT	ENERGIA ELE.	112	72%	55,8
T71	MCI	B100	ACEITE DE SOJA	93	60%	-4,4



Fuente propia ampliado de Iannuzzi (et al) [97]

Ilustración 11 Avoided carbon pricing para la descarbonización en el transporte de buses. Costo del lado de la oferta de combustible, para un factor de emisión de la red eléctrica argentina de 0,1 kg CO_{2eq}/kWh

TECNOLOGIA	MOTOR	COMBUSTIBLE	Materia prima ppal. que produce el combustible	Ton CO2eq evitado/100 km		(u$s/100 km) Precio marginal de la Tecnología Descarbonizante respecto de la Tec de referencia con FEREA 0,10 kg CO2 eq/kWh
T1	MCI	GO90-B10	PETRÓLEO	0,0	0%	0,0
T21	CC a H2	H2	BIOMASA DE ALAMO	142	92%	10,2
T22	CC a H2	H2	BIOMASA DE RSI	143	92%	6,0
T31	CC a H2	H2	BIOMASA DE SILAJE DE MAIZ	128	83%	27,2
T4A	CC a H2	H2	ENERGIA ELE.	100	64%	75,4
T4B	CC a H2	H2	ENERGIA ELE.	106	68%	102,3
T5A	CC a H2	H2	GAS NATURAL	61	39%	17,0
T5B	CC a H2	H2	GAS NATURAL	67	43%	69,0
T32	CC a H2	H2	GLICEROL	137	88%	67,7
T61	MCI	GNC	GAS NATURAL	55	35%	-10,7
T63	MCI	BMC	BIOMETANO	125	81%	-3,4
T80	E	ELECT	ENERGIA ELE.	143	92%	55,8
T71	MCI	B100	ACEITE DE SOJA	105	68%	-4,4



Fuente propia ampliado de Iannuzzi (et al) [97]

Del análisis se desprende que utilizando como tecnología de referencia el gas oil mezcla -en Argentina (90% fósil o 10% biodiesel)-, las tecnologías de buses que poseen “capacidad descarbonizante” son el GNC y el biodiesel 100%. Estos dos combustibles incluso logran un cierto nivel de ahorro en emisiones GEI, generando costos negativos, denominados “carbon savings”.

También se puede observar en el gráfico que, en el caso del vehículo con celda de hidrógeno, en un entorno de factor de emisión de la red eléctrica de 0,40 CO_2eq/kWh con hidrógeno producido mediante gasificación de biomasa, se obtiene el “carbon pricing” más bajo entre las alternativas tecnológicas analizadas.

Además, en un entorno de factor de emisión de la red eléctrica de 0,10 CO_2eq/kWh, con hidrógeno producido mediante gasificación de biomasa (H2T21-H2T22-H2T31), se sigue obteniendo el “carbon pricing” aún más bajo; aunque ya aparece la competencia con el hidrógeno producido del reformado del gas natural (H2T5B) y el derivado de la electrólisis del agua (H2T54A).

Esta comparación fue realizada incluyendo buses 100% a baterías, donde posee un “carbon pricing” intermedio comparado con las tecnologías del hidrógeno, pero muy altas respecto del GNC y de los biocombustibles.

El “carbon pricing” no es el único indicador para analizar la conveniencia de una tecnología respecto de otra; pero es un indicador que permite comparar tecnologías muy diversas por su potencial descarbonizante. Por ejemplo, permite realizar un análisis en profundidad comparativo entre vehículos híbridos no enchufables, vehículos 100% a baterías y vehículos eléctricos de celdas de hidrógeno, no sólo en la etapa de demanda del combustible, sino extendiéndola al costo total del usuario o Total Cost Ownership (TCO).

Este tipo de comparaciones permite evidenciar los impactos y costos derivados de cambios requeridos por la movilidad eléctrica a escala masiva en Argentina frente a otros tipos de combustibles. El criterio que sigue podría ser utilizado en estudios que consideren, en forma más amplia y detallada, impactos tales como: los tecnológicos en las unidades de transporte, la infraestructura de recarga, la red eléctrica, el transporte eléctrico y la generación de energía eléctrica, prioritariamente de fuentes renovables.

5. Conclusiones y recomendaciones

5.1 Sobre los impactos de la ME en Argentina

Cabe destacar que para la elaboración de la presente consultoría se debieron abordar análisis y proyecciones iterativos que brindaran resultados consistentes y convergentes a un objetivo clave: la reducción en el orden de 870.000 Ton CO_{2eq} al 2030, gracias al eje de intervención de la movilidad eléctrica respecto de los objetivos generales mencionados en el PANTyCC 2017 [2] y el aumento de la ambición de Argentina para 2021 en el Acuerdo de París.

Este criterio como adoptado como guía, ya que aún esta pendiente de definición una estrategía firme respecto el desarrollo de la movilidad electrica a nivel nacional,con objetivos de penetración definidos, y una o varias tipologias de tecnologías específica para la movilidad eléctrica prioritarias., Así como tampoco se encontró una una hoja de ruta para el despliegue de la movilidad eléctrica en ciudades y diversos sitios del amplio territorio argentino en el decenio 2020-2030.

El proceso de análisis de proyecciones y determinación de escenarios convenientes de niveles de penetración de movilidad eléctrica fue muy dificultoso. Es importante enfatizar y tener en cuenta que es la primera vez que se tratan de compatibilizar resultados convergentes entra una amplia revisión bibliográfica y de datos y criterios nacionales, como:

- Punto de Partida de una descripción actualizada (2019) de la Flota consolidada a nivel Nacional de Vehículos Convencionales con Motores de Combustión Interna.
- Consumo estimado de Combustibles fósiles asociados a dicha flota.
- Niveles de penetración de movilidad eléctrica para 9 tipologías de vehículos en escenarios de bajo nivel de penetración y alto nivel de penetración al 2030. Los escenarios de penetración previos analizados en Argentina y disponibles daban cuenta de la consideración de sólo 2 tipologías de vehículos con niveles de penetración bajos no asociados al total del parque automotor sino a las ventas [1].

La inclusión en esta oportunidad de una novedad para Argentina, que es la consideración de la tecnología del hidrógeno para vehículos eléctricos con celdas de combustible. Las estimaciones con cierto nivel de convergencia en las emisiones GEI evitadas al 2030 de los compromisos asumidos por Argentina con 3 modelos de predicción considerados para las comparaciones.

Concurrente con lo anterior las estimaciones con un alto nivel de convergencia de los consumos de energía eléctrica directa de escenarios de penetración de movilidad eléctrica entre el modelo propio de esta consultoría y el modelo de e-MOVE de Naciones Unidas.

Para futuros análisis y en particular para los avances del Proyecto GCF en Argentina es importante lograr la validación de los diversos actores institucionales los siguientes factores que permitan dimensionar con menor nivel de incertidumbre o mayor precisión los mínimos niveles de penetración de movilidad eléctrica en nuestro país:

- Cantidad de vehículos eléctricos
- Tecnología de Movilidad eléctrica
- Consumos específicos por kilómetro recorrido del tipo de vehículo eléctrico analizado y su par de vehículo convencional, de motor de combustión interna a reemplazar
- Distancia media anual de los vehículos a comparar en kilómetros recorridos
- Factores de emisión de la red eléctrica argentina en el punto de consumo
- Factores de emisión GEI estandarizados de los combustibles fósiles
- Otros factores de emisión contaminantes de los combustibles fósiles
- Consumos eléctricos y de otros energéticos utilizados para la movilidad eléctrica (hidrógeno derivado del reformado del gas natural, hidrógeno derivado de la electrólisis de agua e hidrógeno derivado de la gasificación de la biomasa, entre otros)
- Criterios de crecimiento y niveles de penetración de la movilidad eléctrica

Por lo antes expuesto y como conclusión del presente trabajo se resumen los resultados de los potenciales impactos de la movilidad eléctrica en Argentina.

Niveles de penetración de la ME en Argentina

De acuerdo a los todos los escenarios de penetración de la movilidad eléctrica en Argentina analizados de forma preliminar en el capítulo 2, se eligieron para el análisis de impacto de la movilidad eléctrica los escenarios de 0,5%, 1% y 5% de nivel de penetración mínima para el decenio 2020-2030.

Este paso inicial permitiría generar un proceso de aprendizaje de las tecnologías más convenientes, para el despliegue de un crecimiento más sostenido y más desafiante para los decenios 2030-2040 y 2040-2050 para avanzar en un objetivo más ambicioso de carbono neutralidad para el transporte automotor en Argentina.

A partir también de los resultados encontrados y del incipiente mercado de vehículos eléctricos que comienza a desarrollarse en Argentina, aparecen tres tecnologías de vehículos eléctricos que podrían considerarse para futuras revisiones y actualizaciones de proyecciones de penetración de la movilidad eléctrica en nuestro país para los próximos 10 años.

- Vehículos híbridos no enchufables
- Vehículos eléctricos a baterías
- Vehículos eléctricos de celdas de combustible alimentadas a hidrógeno

Este grupo de tecnologías presentan las siguientes ventajas, desventajas y características para nuestro país.

Vehículos Eléctricos Híbridos de tipo regenerativo o mixtos eléctricos y de motor de combustión interna. Los HEV son actualmente los de menor precio incremental respecto del resto de los vehículos eléctricos a baterías y a hidrógeno (aprox un 15% adicional), y como éstos son importados, presentan una ventaja relativa de precio final conveniente para el comprador. En consecuencia un vehículo HEV importado de igual prestación podría costar menos que un vehículo importado convencional.

Asimismo estos vehículos no requieren para el usuario o para los planificadores gubernamentales ninguna infraestructura de recarga adicional a la existente, además de lograr un ahorro energético directo de consumo de combustible del orden del 50% y su correlato de 50% de reducción de emisiones GEI.

En consecuencia, estos vehículos posiblemente se mantengan más convenientes como opción de compra, hasta tanto no haya cambios en las condiciones impositivas y precios actuales y permitirían generar rápidamente ahorros de 50% de las emisiones GEI, con muy bajo costo para la sociedad en general.

Vehículos eléctricos a baterías. El caso de los vehículos a baterías, si bien son una de las mejores opciones para reducir las emisiones GEI directas en el transporte, tienen el inconveniente que la reducción de emisiones GEI a lo largo del ciclo de vida de la producción de electricidad, se ve fuertemente afectada por el factor de emisión de la red eléctrica Argentina. Si bien con factores de emisión del orden del 0,6 a 0,4 kgCO2eq/kWh se logra una reducción de emisiones GEI del orden del 50% al 60%. Los BEV durante su vida útil pueden llegar a tener costos menores a los de un vehiculo con motor a combustion, sin embargo en la actualidad poseen precios de venta muy elevados que aún dificultan su penetración y sustitución de los vehiculos a combustion interna. Por otra parte los BEV, para los usuarios privados, aún no cuentan con una zonas o corredores de recargadores rápidos que puedan extender su autonomía de viaje de modo significativo.

En consecuencia, los BEV se consideran muy convenientes para su uso en flotas cautivas de corta distancia como por ejemplo vehículos de reparticiones oficiales, táxis o vehículos de flota de empresas, hasta tanto aparezca la red de recargadores rápidos en los corredores que puedan definirse.

Si la red de recargadores rápidos crece, los BEV son una opción muy conveniente también no sólo para vehículos livianos de uso privado con recorridos de mayores distancias, sino también para flotas cautivas de buses o colectivos a mediana o gran escala.

No obstante lo anterior, el despliegue de recargadores rápidos a mediana o gran escala, impactará en la red eléctrica, con lo cual el avance de los mismos estará supeditada a un refuerzo del sistema eléctrico, dependiendo de la cantidad de vehículos BEV planificados introducir en el parque automotor.

Vehículos de celdas de combustible. Los vehículos de celdas de combustible alimentados a hidrógeno, son una opción muy conveniente desde el punto de vista energético y de potencia para vehículos eléctricos que buscan reducir a cero las emisiones GEI directas en el transporte. Para reducir de forma neta emisiones GEI, requieren que la energía y/o la materia prima de la cual se obtenga el hidrógeno provenga de fuentes renovables de energía. Como también enfrentan un problema a la hora de comparación de costos con los vehiculos a combustión.

En este trabajo se optó para simplificar el análisis de impacto energético en la producción de hidrógeno, mediante la electrólisis del agua, en la misma estación de servicio, asumiendo la alimentación eléctrica de una fuente de generación eléctrica 100% renovable y un factor de emisión de la red eléctrica en el punto de consumo de 0,1 Kg CO_{2eq}/kWh [30].

Debe tenerse en cuenta que esta es una situación ideal, sin embargo, para fomentar o facilitar el rápido avance de la tecnología del hidrógeno aplicado a la movilidad eléctrica en Argentina pueden utilizar otras materias primas, procesos de producción y otras condiciones de factor de emisión de la red eléctrica de nuestro país.

Esto último puede ser un proceso conveniente para acelerar la movilidad eléctrica de vehículos de celdas de combustible a hidrógeno, utilizando hidrógeno gris o azul, en transición para ir al deseado y esperable hidrógeno verde.

De todos modos, la expectativa del uso de esta tecnología, aún para escalas pilotos o baja escala (decenas de vehículos) sería de esperar verlas entre los años 2025 al 2030, salvo decisión de las autoridades de acelerar su incorporación previa. Sería un logro estratégico a nivel país y región de Latinoamérica, que las autoridades argentinas puedan cumplir con dicho desafío.

Impactos en la reducción de emisiones GEI

De acuerdo a los EPMEA previstos para el decenio 2020-2030, con un rango de penetración mínima de entre 0,5% a 5% respecto del total de vehículos de todo el parque automotor de Argentina, se lograría un ahorro de emisiones GEI del orden de 200.000 Ton CO_2eq para 0,5% de penetración y de 2.000.000 de Ton CO_2eq para el 5% de penetración.

Acercándonos al 5% de penetración de movilidad eléctrica, se lograría cumplir con el mínimo estimado de 870.000 Ton CO_2eq actualizadas a la NDC 2020 [5], respecto del eje de intervención del PANTyCC 2017 [2] para movilidad de bajas emisiones (movilidad eléctrica), dependiendo de la categoría de vehículos se elijan para priorizar en planes futuros de intervención de movilidad eléctrica.

Impacto en la demanda incremental de energía eléctrica

En los escenarios de penetración de movilidad eléctrica de 0,5% a 5% el impacto en la demanda incremental directa en los puntos de consumo sería respectivamente del orden de 3700 GWh a

31500 GWh, donde el 80% de dicha demanda incremental sería requerida fuertemente durante los años 2026 al 2030.

No fue estudiado en el presente trabajo el impacto en la potencia eléctrica requerida,para atender la demanda proyectada. Queda dentro de los próximos pasos y para ello se necesita algunos análisis y estudios complementarios adicionales a los realizados hasta el momento, especialmente por la necesidad de definiciones que no se cuentan aún respecto de una orientación sobre despliegue geográfico de la movilidad eléctrica a nivel regional y de grandes centros urbanos.

Sin embargo, cabe reiterar que para vehículos HEV, no se generan demandas incrementales de energía eléctrica y de potencia, como sí lo requieren los BEV y los FCEV en potencia eléctrica por el despliegue de cargadores rápidos para los BEV de alta potencia y por la instalación de "hidrogeneras" para los FCEV para la producción y despacho hidrógeno.

Impacto en la salud y muertes evitadas por la reducción de la contaminación atmosférica de vehículos de combustión interna

Los estudios realizados a partir de la herramienta facilitada por el Clean Air Institute, para escenarios de 5% de penetración de movilidad eléctrica al 2030 y un 20% de penetración al 2050, arrojan los siguientes resultados: 61.000 muertes evitadas acumuladas al 2050.

Es importante mencionar que estos resultados no analizan las muertes generadas y/o evitadas por el impacto generado por la demanda incremental de energía eléctrica con los factores de emisión de la red eléctrica actual y proyectados de Argentina

Tampoco la herramienta del estudio del Clean Air Institute, aborda de forma complementaria posibles escenarios de Argentina respecto del aumento en el corte de los biocombustibles y el aumento del consumo del gas natural comprimido o del gas natural licuado, combinados con escenarios de movilidad eléctrica para Argentina al 2030 y al 2050; escenarios que Argentina posiblemente contemple en el PANTyCC 2021.

En consecuencia, los resultados arriba obtenidos de muertes evitadas deben comprenderse como resultados parciales y no netos, de posibles escenarios de penetración de movilidad eléctrica para nuestro país.

Impacto en la economía y el empleo

A continuación, se presentan los resultados hallados respecto al impacto de los tres escenarios de penetración de vehículos eléctricos en el PBI, en el empleo y en el fisco de la República Argentina.

Como primer aspecto, es importante aclarar una vez más, la utilidad de poder llevar adelante este tipo de estimaciones con los instrumentos más precisos para su cálculo. Lamentablemente, Argentina cuenta con una MIP desactualizada - data del 1997-, por lo tanto,

la alternativa encontrada en el presente estudio fue utilizar las variables del PIB por el método del gasto para afectar a las variables que podrían estimularse con el ingreso de movilidad eléctrica.

Un segundo aspecto, radica en la incertidumbre que siempre implica pensar el futuro. En un contexto de crisis sanitaria y económica global, esta incertidumbre vuelve todo trabajo de análisis sobre escenarios futuros aún más complejo.

El tercer aspecto, es la actual conformación de la oferta de vehículos ante la demanda anual. En la Argentina, el porcentaje de vehiculos producidos localmente es del 40% y un 60% por vehículos importados. Puede variar algunos años, pero no de manera abrupta. Y actualmente, no se producen vehículos eléctricos híbridos en el país, por lo que se consideró que todas las unidades eléctricas e híbridas deberán de ser importadas.

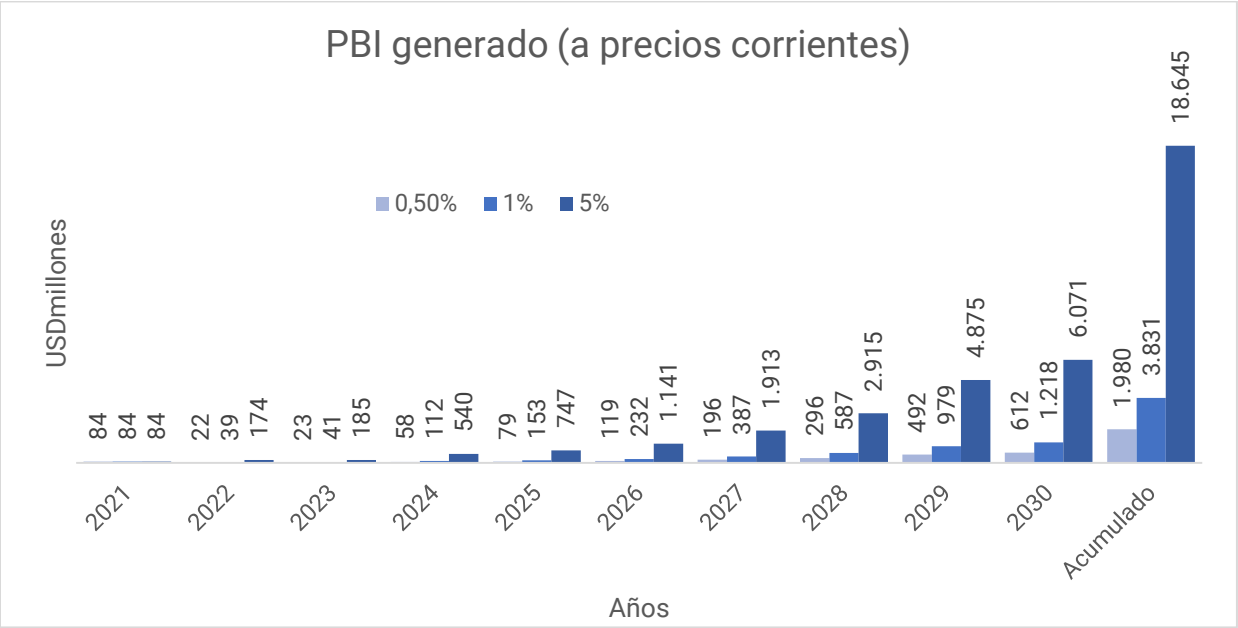
Planteados estos aspectos, se procede a mostrar los resultados principales de los cálculos realizados.

Impacto en la economía

En lo que a impacto económico se refiere, se corrieron para los tres escenarios los cálculos sobre su impacto en el PBI. Se analizaron, por un lado, el proceso de importación de vehículos eléctricos y su posterior venta por parte de las concesionarias (Durante esta dinámica se generan los márgenes comerciales que al final se traducen en el valor agregado del bien importado). Y por el otro la energía eléctrica consumida por cada una de estas unidades, que son abastecidas por la producción de las empresas distribuidoras del país.

Dichos cruces arrojaron en el escenario de penetración al 0,5%, al primer año se generaban USD 84 millones, adicionales al PBI. En el año 2030, debido al aumento escalonado en la flota vehicular y a los consumos eléctricos, su valor al PIB asciende a USD 612 millones. En términos acumulados la producción total de los diez años analizados es de USD 1.980 millones. Para el segundo escenario, con 1% de penetración de movilidad eléctrica, el PIB adicional al décimo año es por USD 1.218 millones; es decir un 99% mayor que el primer escenario. En términos acumulados la producción es de USD 3.831 millones. Por último, con una penetración del 5% en relación a la flota total, se generaría un impacto adicional, de USD 6.071 millones al 2030, y un acumulado de USD 18.645 millones. Como puede verse en el grafico siguiente:

Gráfico 24 Impacto en el PBI del consolidado de los escenarios de ME analizados



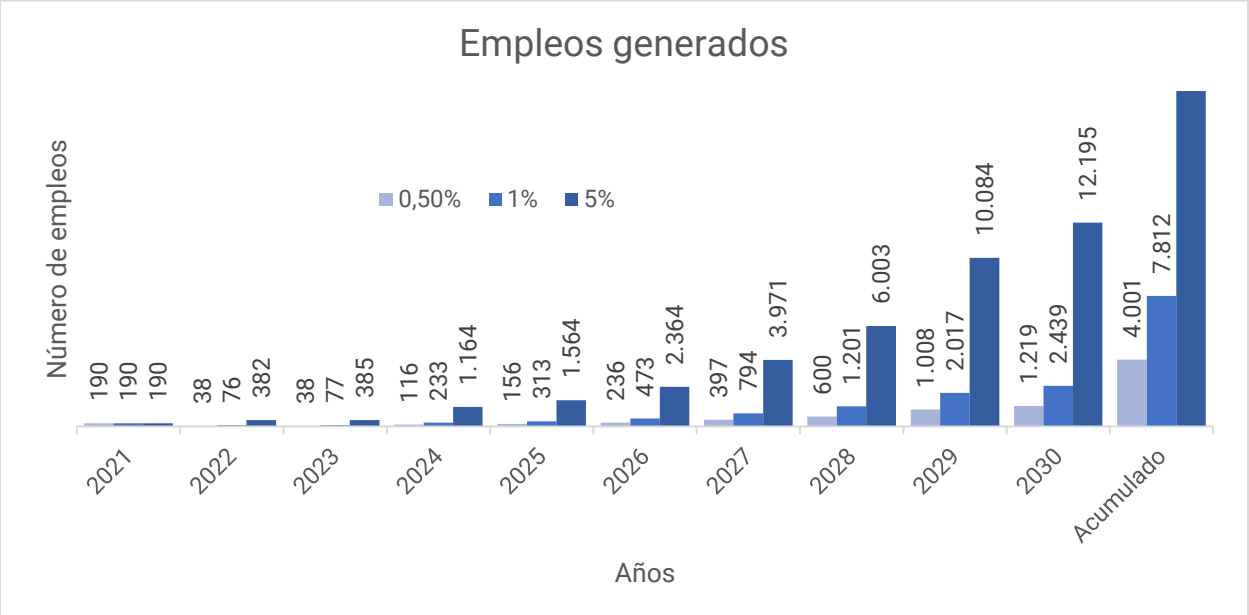
Fuente: Elaboración propia en base a los escenarios de penetración de ME elegidos

Impacto en el empleo

En referencia al impacto de los tres escenarios de electromovilidad respecto al empleo, es importante aclarar que con los datos disponibles y sin una MIP, se optó por llevar adelante una evaluación de la electromovilidad ante la industria automotriz para observar si existieran impactos positivos o negativos (genera empleo o desempleo), mediante cifras históricas de ADEFA (1990 al 2019), se encontró una correlación directamente proporcional, entre las unidades de automóviles vendidos y el personal ocupado en la industria automotriz. El promedio anual da como resultado que se generan 6,36 empleos por cada 100 unidades vendidas.

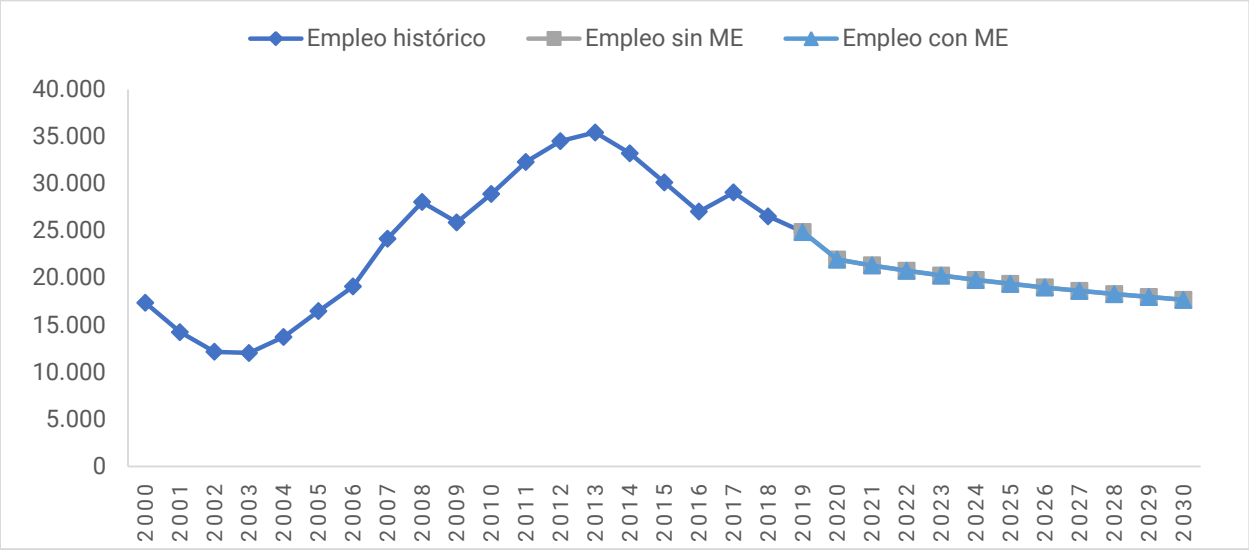
Se propuso estudiar que pasaría si los vehículos eléctricos penetran en la Argentina de acuerdo a lo establecido en los escenarios, y como resultado se observo que no habría variación respecto a las proyecciones actuales existentes del sector sin la presencia de vehiculos electricos. La penetración de estos vehículos no implican la generación ni la pérdida de nuevos empleos en la industria automotriz respecto un escenario sin ellos. A continuación los valores proyectados de empleo en gráfico 27 y la comparativa en gráfico 16.

Gráfico 25 Impacto en el empleo del consolidado de los escenarios de ME analizados



Fuente: Elaboración propia en base a los escenarios de penetración de ME elegidos

Gráfico 26 Estimaciones tendenciales de producción automotriz



Fuente: Elaboración propia

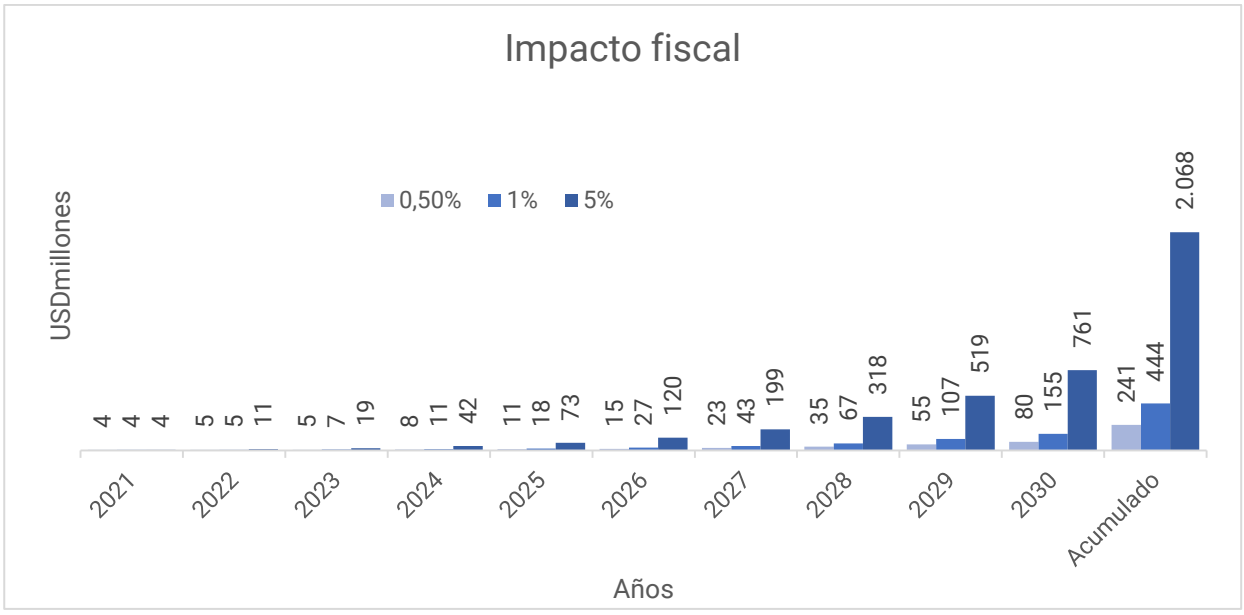
Sin embargo, se destacan los impactos en materia de mayor sofisticación y calidad de empleo, en otras industrias ligadas a la movildiad como el sector de servicios post venta, mantenimiento y autopartes. Del mismo modo, impulsaría en los consecuentes de la construcción de infraestructura de carga, y en menor medida en su operación.

Impacto fiscal

En el presente estudio el impacto fiscal de la penetración de vehículos eléctricos importados se estimó en función a la reducción de ingresos fiscales debido a menores tasas arancelarias cobradas a la importación de estos vehículos, y la migración del consumo de combustibles fósiles (poseen impuestos que percibe el estado) por electricidad. Dado que en Argentina la tarifa de esta última se encuentra subvencionada, su mayor consumo significa un egreso.

Mediante el cálculo de los ingresos que se dejan de percibir por los beneficios arancelarios al importar los vehículos necesarios para cada escenario, y el cálculo de la cantidad de combustible fósil que pasa a ser reemplazado por electricidad se obtuvieron los siguientes resultados: en el escenario de 0,5% el total acumulado de dinero que el Estado dejaría de percibir alcanzaría los USD 241 millones. Para el escenario de penetración de 1%, lo que el estado dejaría de percibir acumulado al 2030 sería de USD 444 millones. Y por último, en el escenario de penetración de 5% lo que dejaría de entrar a las arcas nacionales equivaldría a USD 2.068 millones.

Gráfico 27 Impacto fiscal



Fuente: Elaboración propia

A modo de conclusión sobre los resultados presentados, cabe destacar que cruzando los incrementos que se generarían en el PBI con lo que se dejaría de percibir a causa del impacto fiscal, la penetración de la electromovilidad dejaría un saldo positivo para las cuentas nacionales de USD 1739 millones en el caso del escenario 0,5%; un saldo positivo de USD 3388 millones en el caso de 1% y de USD 16.577 millones en el escenario de 5% de penetración.

En esta línea si se le agregan los resultados obtenidos respecto al impacto en reducción de emisiones y en salud, las ventajas de promover la electromovilidad son aún mayores, tanto para el bienestar de la población argentina como para las cuentas del Estado.

5.2 Hojas de ruta para la ME en Argentina

Para que la movilidad eléctrica en Argentina sea una realidad cotidiana de gran escala se requieren decisiones gubernamentales de alto nivel en el ejecutivo Nacional y ejecutivos provinciales. Decisiones que deben extenderse a las principales ciudades, para que las mismas sean percibidas por la sociedad, como un proceso de transición tecnológica y energética más sostenible, acertado, inteligente y oportuno; como así también una posibilidad real de mantener y aumentar las inversiones y los empleos de la industria automotriz, la energía, el transporte y la infraestructura de recarga.

Consideramos que para que esto suceda debiera definirse una estrategia exitosa de transición, robusta y resiliente que permita que la movilidad eléctrica sea incorporada gradual y de manera incipiente entre los años 2020 al 2030 y aceleradamente del 2030 al 2050.

Para ello este equipo consultor considera que debiera generarse una Hoja de Ruta de Transición y Aprendizaje hacia la Movilidad Eléctrica al 2030 y otras dos Hojas de Ruta de Mediana y Gran Escala que comprenda respectivamente los decenios 2030-2040 y 2040-2050, con el objetivo de que al final de dicha última década se logre la neutralidad en carbono en el transporte automotor terrestre de Argentina.

Para poder definir los lineamientos de esa Hoja de Ruta, los sucesivos entregables y talleres del presente Proyecto GCF en Argentina permitirán articular y compilar con los diversos actores involucrados del sector público, privado, de investigación, académico y sindical, sus inquietudes, necesidades y expectativas; esto incluye las barreras y posibles necesidades de financiamiento para mitigar o eliminar las barreras, y potenciar las oportunidades de la movilidad eléctrica en nuestro país y complementarlos con las oportunidades de la región.

5.3 Recomendaciones

Las recomendaciones que se mencionan a continuación surgen de las dificultades encontradas al momento del análisis de datos e información disponibles recabada, y de las limitaciones de los modelos de proyección utilizados para el presente entregable. Esto se extiende a las estimaciones y proyecciones de niveles de penetración de movilidad eléctrica en Argentina, para el decenio 2020-2030 y los análisis complementarios de emisiones GEI evitadas, y energía eléctrica consumida de manera directa por el hipotético parque automotor eléctrico analizado en dicho período.

Dadas las conclusiones del presente estudio, surgen las siguientes recomendaciones cuyos destinatarios son la Mesa Nacional de Transporte y Cambio Climático, Consultores del Próximo PANTyCC 2021 y futuros planificadores del transporte automotor en Argentina.

Recomendaciones para la estandarización de proyecciones

Es conveniente formalizar escenarios de penetración de movilidad eléctrica mínimos en el decenio 2020-2030 y establecer los patrones de crecimiento hasta alcanzar los mínimos niveles de penetración establecidos. Esto es, la adopción de patrones o rampas de crecimiento exponenciales, lineales o mixtas.

Dentro de estos escenarios definir o priorizar la tipología de vehículos que serán contemplados para alcanzar un determinado nivel de penetración de la movilidad eléctrica y dentro de la tipología de vehículos, las tecnologías definidas como más convenientes para lograr la penetración mínima deseada.

Respecto de lo anterior, al momento actual y de acuerdo a la posibilidades técnicas y más convenientes respecto de costos, infraestructura y ahorro de emisiones para Argentina, se recomienda la incorporación gradual de las siguientes tecnologías de movilidad eléctrica en un orden de prioridad temporal de tres etapas como aparecen a continuación, a fin de transitar un camino hacia las cero emisiones:

- vehículos híbridos
- vehículos a baterías
- vehículos con celdas de hidrógeno

Cabe destacar que este grupo de tecnologías y su aparición temporal, podrán de todos modos alterarse o solaparse, teniendo en cuenta otros criterios de priorización que las autoridades de planificación del transporte así lo requieran.

Dado que el eje rector para la definición de mínimos niveles de penetración de movilidad eléctrica es la reducción de emisiones GEI de una tecnología dada, para permitir los compromisos sectoriales del transporte en los ejes de intervención de movilidad baja en emisiones y a los efectos de dar cumplimiento al aumento de las ambiciones en las contribuciones nacionales al Acuerdo de París al 2030, es sumamente recomendable estandarizar para futuros cálculos y estimaciones de GEI evitados, los siguientes datos clave:

- Kilómetros anuales recorridos por los vehículos eléctricos y los convencionales de motor de combustión interna a reemplazar.
- Factor de emisión de la red eléctrica en Argentina en el punto de consumo.
- Factores de emisión de los combustibles fósiles, que contemplen adecuadamente las emisiones GEI de los mismos teniendo en cuenta su ciclo de vida [22] y el aporte implícito en reducción de emisiones debido al corte de los biocombustibles.
- Consumos específicos de energéticos de las tecnologías a comparar.

Como consecuencia de lo anterior se recomienda que debieran lograrse datos e información lo más convergente posible sobre los siguientes resultados:

- Comportamiento y evolución de crecimiento y de decrecimiento del parque automotor.
- Cantidad de vehículos eléctricos incorporados anualmente, en una tipología y tecnología dada.
- Cantidad de combustibles fósiles reemplazados y evitados.
- Consumo energético anual del parque automotor total y del desagregado del consumo Energético de la movilidad eléctrica.
- Emisiones GEI anuales evitadas por la movilidad eléctrica.

Recomendaciones para la ampliación de estudios

Dado lo anterior se considera conveniente ampliar, profundizar y validar con mayor precisión lo siguiente:

- Definiciones de objetivos mínimos de penetración de Movilidad Eléctrica para el decenio 2020-2030
- Contribución mínima de emisiones GEI evitadas por los vehículos eléctricos y en cualquier de sus categorías y tecnologías
- Estudios a nivel geográfico y de ciudad, de la instalación de redes de recarga rápida y semi-rápida tanto para vehículos livianos y vehículos pesados, teniendo en cuenta el impacto en la potencia eléctrica demandada y otras fuentes de energía demandada, especialmente de estas últimas para la producción de hidrógeno.
- Estudios de la configuración de corredores de estaciones de recarga para vehículos enchufables y estaciones de suministro de hidrógeno, especialmente teniendo en cuenta las distancias máximas entre ambas y el radio de autonomía de los vehículos eléctricos a desplegar en los escenarios de penetración de movilidad eléctrica definidos y planificados.
- Estudios de la demanda eléctrica directa y el impacto en las redes eléctricas y en la demanda incremental de energía y potencia de generación, según los escenarios de penetración de movilidad eléctrica dados y la ubicación geográfica prioritaria de las redes de recarga y estaciones de carga de hidrógeno.
- Estudios del impacto en la salud neto, de la incorporación de la movilidad eléctrica, muertes evitadas y enfermedades evitadas, debido a la regionalización o distribución geográfica de la movilidad eléctrica, en escenarios de penetración definidos. Complemento de los co-beneficios económicos derivados de mejoras en la calidad del aire, por la contribución de la movilidad eléctrica.

- Estudios de la cadena productiva para la industrialización del litio y del hidrógeno aplicados a la movilidad eléctrica, teniendo en cuenta procesos locales de producción más sostenibles, para la industria automotriz, la energía, la tecnología de la información y la infraestructura locales.
- Estudios para el análisis de impactos fiscales y para la definición de modelos de negocios que privilegien la elección de la movilidad eléctrica en Argentina.
- Estudios de la demanda de empleos calificados y la oferta académica esperable acorde con los escenarios de penetración de movilidad eléctrica proyectados o planificados.
- En lo que respecta al impacto fiscal, se recomienda la asignación de un trabajo particular que busque como primer paso elaborar un mapa detallado de los pasos y etapas de cada carga fiscal implicada en la importación y comercialización de vehículos en general, y de vehículos eléctricos en particular. Como segundo paso, calcular el impacto real de cada uno de los puntos mapeados en el precio final de venta de cada vehículo. El mismo podría tener como fin llevar adelante un análisis de sus implicancias y las ventajas y desventajas que generan para el mercado, con el fin de proponer o recomendar una propuesta modifcatoria en caso sea necesaria.
- Se recomienda también estudiar la alternativa de ofrecer mayores incentivos a las terminales automotrices para la incorporación de vehículos eléctricos. Como puede ser por ejemplo, una ampliación del cupo de importación en caso un porcentaje determinado sea de vehículos eléctricos o híbridos.
- Se resalta la iniciativa de varias provincias y sectores gubernamentales, que promueven mediante normativa, la incorporación de vehículos eléctricos a las flotas de los organismos públicos.

5.4 Próximos pasos del proyecto

Luego del presente entregable, los futuros pasos y actividades de los próximos meses del proyecto son los siguientes:

Para lo que queda de 2021:

- Desarrollo del Taller 1: Presentación del **Proyecto GCF** a autoridades nacionales, provinciales y ciudades a convocar. Descripción de la línea de base de la flota automotor en Argentina, supuestos y criterios para los niveles de penetración analizados y elegidos. perspectivas para la movilidad eléctrica en Argentina. Discusión de Posibles barreras a la movilidad eléctrica en Argentina.
- Elaboración del Producto 2 referido al desarrollo del análisis de barreras de la Movilidad eléctrica en Argentina y recomendaciones para abordar, mitigar o eliminar las barreras a la adopción de la movilidad eléctrica y facilitar la transición tecnológica en Argentina.

- Taller 2 de validación de proyecciones y escala factible del proyecto de movilidad eléctrica en Argentina para los años 2020-2030. Discusiones con actores públicos, privados, académicos, investigación, sindicales y organizaciones no gubernamentales. Recopilación de inquietudes, necesidades y recomendaciones de los actores involucrados. Propuesta de invitación y complementación del Proyecto GCF con el PANTyCC 2021 de Argentina.
- Elaboración del Producto 3: Reporte de análisis nacional con recomendaciones de políticas y marcos legales para acelerar la transición a la adopción de la movilidad eléctrica en Argentina.
- Producto 4: Análisis nacional con recomendaciones para modelos de negocio y adquisiciones para ampliar la adopción de la movilidad eléctrica, con un enfoque en el transporte público de pasajeros, flotas públicas y privadas cautivas de vehículos y otras flotas con potencial de cambio a movilidad eléctrica en Argentina.
- Taller 3 de modelos de negocios de viabilización de la movilidad eléctrica en Argentina. Consideración de casos y modelos exitosos de proyectos de movilidad eléctrica en Latinoamérica. Invitación a expertos con experiencias en Latinoamérica.
- Entregable- Informe con el avance y la oficialización del grupo de trabajo en Movilidad Eléctrica en Argentina, mecanismo de gobernanza y plan de trabajo y seguimiento.

Luego de estos pasos inmediatos, continúan los siguientes en el primer cuatrimestre de 2022:

- Producto 5: Reporte de las presentaciones e interacciones realizadas en la plataforma de MOVE LATAM de Argentina.

Referencias

[1] “Escenarios Energeticos 2030 - Argentina.” .

[2] Ministerio de transporte, Presidencia de la nacion Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sustentable, “Plan de Accion Nacional de Transporte y Cambio Climático-2017,” 2017.

[3] *“ITF Transport Outlook 2017.”* https://www.itf-oecd.org/sites/default/files/docs/itf-transport-outlook-2017-launch.pdf (accessed Feb. 25, 2021).

[4] “Resources for Strengthening Climate Action: Transport Sector | World Resources Institute.” .

[5] “Segunda contribucion determinada a nivel nacional de la republica Argentina del año 2020.” .

[6] “SIOMAA - Líderes en inteligencia de mercado.” https://www.siomaa.com/ (accessed Jan. 29, 2021).

[7] SIOMAA, “Electromovilidad.Un repaso por el estado de la tecnología y el mercado.” .

[8] “Misión y Objetivos de ADEFA | Asociación de Fabricantes de Automotores (ADEFA).” .

[9] ABCEB, “ADEFA vision 2030.” .

[10] *Jorge Sánchez, Marcos Sant, Daniel Bossio and Federico López Dentone*, “Presentación Estimación de la flota de las unidades de pasajeros y cargas, su uso y consumo de energía”. 2020.

[11] “Glossary - EUFAL electric urban freight & logistic.” .

[12] “The eMob calculator | UNEP - UN Environment Programme.” https://www.unenvironment.org/resources/toolkits-manuals-and-guides/emob-calculator (accessed Jan. 29, 2021).

[13] “Calidad del Aire – MOVE.” https://movelatam.org/aire/ (accessed Jan. 29, 2021).

[14] I. Energy Agency, “Global EV Outlook 2020 Entering the decade of electric drive?”

[15] J. M. Albrieu and J. Sánchez, “Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional Avellaneda Centro Tecnológico de Transporte, Tránsito y Seguridad Vial.” Accessed: Mar. 22, 2021. [Online]. Available: www.c3t.fra.utn.com.ar.

[16] J. Ally and T. Pryor, “Life cycle costing of diesel, natural gas, hybrid and hydrogen fuel cell bus systems: An Australian case study,” *Energy Policy*, vol. 94, 2016, doi: 10.1016/j.enpol.2016.03.039.

[17] J. Ally and T. Pryor, “Life-cycle assessment of diesel, natural gas and hydrogen fuel cell bus transportation systems,” *J. Power Sources*, vol. 170, no. 2, pp. 401–411, 2007, doi: 10.1016/j.jpowsour.2007.04.036.

[18] M. A. LABORDE, E. A. LOMBARDO, F. B. NORONHA, J. S. B. FILHO, J. L. G. FIERRO, and M. P. G. MARCOS, *Potencialidades del Hidrógeno como vector de energía en Iberoamérica*. 2010.

[19] A. Velazquez Abad and P. E. Dodds, “Green hydrogen characterisation initiatives: Definitions, standards, guarantees of origin, and challenges,” *Energy Policy*, vol. 138, no. February, p. 111300, 2020, doi: 10.1016/j.enpol.2020.111300.

[20] B. Widera, “Renewable hydrogen implementations for combined energy storage, transportation

and stationary applications," *Therm. Sci. Eng. Prog.*, vol. 16, no. December 2019, p. 100460, 2020, doi: 10.1016/j.tsep.2019.100460.

[21] J. L. Aprea and J. C. Bolcich, "The energy transition towards hydrogen utilization for green life and sustainable human development in Patagonia," *Int. J. Hydrogen Energy*, vol. 45, no. 47, pp. 25627–25645, 2020, doi: 10.1016/j.ijhydene.2020.01.246.

[22] C. H. S. Moura, J. L. Silveira, and W. de Q. Lamas, "Dynamic production, storage, and use of renewable hydrogen: A technical-economic-environmental analysis in the public transport system in São Paulo state, Brazil," *Int. J. Hydrogen Energy*, no. xxxx, 2020, doi: 10.1016/j.ijhydene.2020.08.198.

[23] G. Zhang, J. Zhang, and T. Xie, "A solution to renewable hydrogen economy for fuel cell buses – A case study for Zhangjiakou in North China," *Int. J. Hydrogen Energy*, vol. 45, no. 29, 2020, doi: 10.1016/j.ijhydene.2020.03.206.

[24] Y. Khojasteh Salkuyeh, B. A. Saville, and H. L. MacLean, "Techno-economic analysis and life cycle assessment of hydrogen production from natural gas using current and emerging technologies," *Int. J. Hydrogen Energy*, vol. 42, no. 30, pp. 18894–18909, 2017, doi: 10.1016/j.ijhydene.2017.05.219.

[25] D. Y. Lee, A. Elgowainy, and R. Vijayagopal, "Well-to-wheel environmental implications of fuel economy targets for hydrogen fuel cell electric buses in the United States," *Energy Policy*, vol. 128, 2019, doi: 10.1016/j.enpol.2019.01.021.

[26] A. Boretti, "Production of hydrogen for export from wind and solar energy, natural gas, and coal in Australia," *Int. J. Hydrogen Energy*, vol. 45, no. 7, pp. 3899–3904, Feb. 2020, doi: 10.1016/j.ijhydene.2019.12.080.

[27] C. C. Chang, Y. T. Liao, and Y. W. Chang, "Life cycle assessment of alternative energy types – including hydrogen – for public city buses in Taiwan," *Int. J. Hydrogen Energy*, vol. 44, no. 33, 2019, doi: 10.1016/j.ijhydene.2019.05.073.

[28] J. Li, M. Liang, W. Cheng, and S. Wang, "Life cycle cost of conventional, battery electric, and fuel cell electric vehicles considering traffic and environmental policies in China," *Int. J. Hydrogen Energy*, Feb. 2021, doi: 10.1016/j.ijhydene.2020.12.100.

[29] C. Acar and I. Dincer, "The potential role of hydrogen as a sustainable transportation fuel to combat global warming," *Int. J. Hydrogen Energy*, vol. 45, no. 5, pp. 3396–3406, 2020, doi: 10.1016/j.ijhydene.2018.10.149.

[30] L. Iannuzzi, J. Antonio Hilbert, and E. Eduardo Silva Lora, "Life Cycle Assessment (LCA) for use on renewable sourced hydrogen fuel cell buses vs diesel engines buses in the city of Rosario, Argentina," 2021, doi: 10.1016/j.ijhydene.2021.01.065.

[31] "The National Hydrogen Strategy," 2020. Accessed: Jan. 27, 2021. [Online]. Available: www.bmwi.de.

[32] "certifhy." https://www.certifhy.eu/ (accessed Mar. 08, 2021).

[33] "New Bus ReFuelling for European Hydrogen Bus Depots. Guidance Document on Large Scale Hydrogen Bus Refuelling|." Accessed: Jan. 28, 2021. [Online]. Available: www.paulweston.info.

[34] “Resultados del piloto de buses eléctricos en Buenos Aires Tecnologías alternativas en el transporte público.” .

[35] “GREEN YOUR BUS RIDE. Clean Buses in Latin American Cities. Summary report.” .

[36] “Sistema de Información de Normativa Ley 13781 de la Provincia de Santa Fe-Argentina.” .

[37] “Inauguración autopista eléctrica en Provincia de Santa Fe- YouTube.” .

[38] “Noticias del Gobierno de Santa Fe.” .

[39] “AAVEA Asociación Argentina de Vehículos Eléctricos y Alternativos.” .

[40] “Plan Estratégico para el Sector Automotriz y Autopartista 2020-2030. Julio 2019. SMATA.” https://www.acara.org.ar/download/socios/A01V02-0919 (7).pdf (accessed Mar. 22, 2021).

[41] “Lineamientos de trabajo GCFR MOVE LATAM.” .

[42] Clean Air Institute., “DOCUMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA PARA LA EVALUACIÓN DE BENEFICIOS INTEGRADOS DE POLÍTICAS DE ELECTROMOVILIDAD Y RESULTADOS ,” Washington, 2019.

[43] “Joint effects of air pollution. Observatorio Mundial de a Salud de la Organización Mundial de la Salud.” https://www.who.int/data/gho/data/themes/topics/indicator-groups/indicator-group-details/GHO/joint-effects-of-air-pollution (accessed Jan. 28, 2021).

[44] A. Producción, “Datos básicos de la industria automotriz Automotive Industry Basic Data.”

[45] “Impuestos argentinos: desde que baja del barco hasta que llega al cliente, un auto importado aumenta su precio 120% - ARGENTINA AUTOBLOG.” .

[46] “Reporte ad-hoc Electromovilidad. Un repaso por el estado de la tecnología y el mercado.”

[47] “Consorcio H2AR - YTEC - Argentina.” .

[48] R. prepared by the IEA and J. for the G20, “The Future of Hydrogen.” Accessed: Jan. 27, 2021. [Online]. Available: https://webstore.iea.org/download/direct/2803.

[49] “Investigación aplicada de la UNLP de Argentina.” .

[50] “Red Argentina de Ciclo de Vida. Encuentro ENARCIV 2020.” .

[51] “International Transport Forum-ITF Impact Report 2018-2020.” .

[52] C. C. Linke *et al.*, “TRANSPORTE Y DESARROLLO EN AMÉRICA LATINA,” 2018.

[53] “Observatorio de Movilidad Urbana de CAF sobresale en Cumbre del Foro Internacional de Transporte | CAF.” .

[54] “Crecimiento urbano y acceso a oportunidades: un desafío para América Latina.”

[55] U. of N. C. at C. H. Daniel A. Rodríguez, PhD, B. Manuel Santana, University of California, and F. D. Carlos Felipe Pardo, “La Motocicleta en América Latina. Caracterización de su Uso e Impactos en la Movilidad en Cinco Ciudades de la Región.” .

[56] “Five COVID-19 aftershocks reshaping mobility’s future | McKinsey.” .

[57] “POLICY BRIEF: MAKING THE GREEN RECOVERY WORK FOR JOBS, INCOME AND GROWTH - OECD.” .

[58] T. Fransen, B. Welle, C. Gorguinpour, M. Mccall, R. Song, and A. Tankou, “ENHANCING NDCs: OPPORTUNITIES IN TRANSPORT,” Feb. 2019.

[59] V. Barca and R. Chirchir, “CHANGING TRANSPORT Facilitating climate actions in mobility Six Action Recommendations for Policymakers to Align Transport with the Paris Agreement and the Sustainable Development Agenda A B C CO ^{2} Enhancing Climate Ambition in Transport,” 2019.

[60] E. T. and I. Platform, “Strategic Research Agenda for batteries 2020.”

[61] J. Finkelstein, D. Frankel, and J. Noffsinger, “Fully decarbonizing the power industry Renewables and new technologies could push power emissions to zero, but would do so in very different ways across markets.”

[62] “The power industry’s shift to sustainable energy | McKinsey. Section 3: Building a more sustainable battery industry.” .

[63] “The power industry’s shift to sustainable energy | McKinsey.” .

[64] “Federal Ministry for Economic Cooperation and Development - Issues - Hydrogen.” https://www.bmz.de/en/issues/wasserstoff/index.html (accessed Jan. 27, 2021).

[65] “Power to X Hub-GIZ Germany.” https://ptx-hub.org/wp-content/uploads/2020/08/PtX-Hub_Leaflet_2020-06.pdf (accessed Jan. 27, 2021).

[66] “EL DESARROLLO HISTÓRICO DE LAS EXPLORACIONES PETROLERAS EN LA ARGENTINA Dr. Alberto C. Riccardi- CONICET, UNLP.” https://www.ciencias.org.ar/user/DOCUMENTOS/RiccardiPetroleoFinal.pdf (accessed Mar. 22, 2021).

[67] “Historia del petróleo argentino (T1), Capítulo 1 - Canal Encuentro.” http://encuentro.gob.ar/programas/serie/8118 (accessed Mar. 22, 2021).

[68] “Breve reseña de la historia del petróleo argentino.” http://www.indargen.com.ar/pdf/7/breve_rese%F1a.pdf (accessed Mar. 22, 2021).

[69] “Estadísticas de Petróleo y Gas (EPG) 2015 - IAPG - Instituto Argentino del Petroleo y del Gas.” https://www.iapg.org.ar/web_iapg/publicaciones/libros-de-interes-general/estadisticas-de-petroleo-y-gas-epg-2015 (accessed Mar. 22, 2021).

[70] “EXPANSIÓN DEL PARQUE AUTOMOTOR PROPULSADO A GNC.” https://www.enargas.gob.ar/secciones/publicaciones/informes-graficos/pdf/GNV_IG_3.pdf (accessed Mar. 22, 2021).

[71] “El GNC en el mundo - Agas21: El gas natural comprimido como combustible en automoción.” http://www.agas21.com/spa/item/ART00082.html (accessed Mar. 22, 2021).

[72] “Ley 26.093 Régimen de Regulación y Promoción para la Producción y Uso Sustentables de Biocombustibles.” http://servicios.infoleg.gob.ar/infolegInternet/anexos/115000-119999/116299/norma.htm (accessed Mar. 22, 2021).

[73] “Ley 26.334. Apruébase el Régimen de Promoción de la Producción de Bioetanol.”

http://servicios.infoleg.gob.ar/infolegInternet/anexos/135000-139999/136339/norma.htm (accessed Mar. 22, 2021).

[74] "La industria de biodieseL en argentina: capacidades de innovación y sostenibiLidad futura." https://ri.conicet.gov.ar/bitstream/handle/11336/103193/CONICET_Digital_Nro.d25b63fc-11f6-4e60-afb2-9efb18eea623_A.pdf?sequence=2 (accessed Mar. 22, 2021).

[75] "'La Industria de Biodiesel en Argentina y USA' Bolsa de Comercio de Rosario. « CARBIO." http://carbio.com.ar/index.php/2017/10/03/la-industria-de-biodiesel-en-argentina-y-usa-bolsa-de-comercio-de-rosario/ (accessed Mar. 22, 2021).

[76] J. A. Hilbert and S. Galbusera, "Calculo De La Reduccion De Emisiones Producida Por El Corte Obligatorio Y La Exportación De Biodiesel Argentino," 2011.

[77] "Directiva 28/2009 de la Unión Europea." https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=CELEX:32009L0028&from=SK (accessed Mar. 22, 2021).

[78] "Directiva (UE) 2018/2001 del Parlamento Europeo y del Consej... - EUR-Lex." https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/LSU/?uri=CELEX%3A32018L2001 (accessed Mar. 22, 2021).

[79] "Exportaciones « CARBIO." http://carbio.com.ar/index.php/exportaciones/ (accessed Mar. 22, 2021).

[80] "Inicio - Maizar Estadísticas del MAIZ." http://www.maizar.org.ar/estadisticas.php (accessed Mar. 22, 2021).

[81] "Evolución de la producción de granos en Argentina." https://www.bolsadecereales.com/imagenes/informes/2018-08/59-curitiba2018-bolsadecereales.pdf (accessed Mar. 22, 2021).

[82] P. De and S. Fe, "Solicitante: SECRETARÍA DE ESTADO DE LA ENERGÍA. GOBIERNO DE SANTA FE Verónica Geese-Secretaria de Estado de la Energía Roberto Bisso-Subsecretario de Energías Renovables INFORME FINAL BIO BUS EXPERIENCIA BIODIESEL CONTENIDO."

[83] "NAG-602 Año 2019 Norma de Calidad de Gas Natural- Argentina-ENARGAS." https://www.enargas.gob.ar/secciones/normativa/pdf/normas-discusion/NAG-602.pdf (accessed Mar. 22, 2021).

[84] "Energía ecológica — Naturgy Argentina." https://www.naturgy.com.ar/ar/uso+vehicular/1297092369177/energia+ecologica.html (accessed Mar. 22, 2021).

[85] "Conferencia Emisiones contaminantes y Transporte pesado." https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/1.-presentacion-amf-buenos-aires-gianni-lopez.pdf (accessed Mar. 22, 2021).

[86] "Natural gas and the environment - U.S. Energy Information Administration (EIA)." https://www.eia.gov/energyexplained/natural-gas/natural-gas-and-the-environment.php (accessed Mar. 22, 2021).

[87] Y. Gan *et al.*, "Carbon footprint of global natural gas supplies to China," *Nat. Commun.*, vol. 11, no. 1, pp. 1–9, Dec. 2020, doi: 10.1038/s41467-020-14606-4.

[88] "Proyectan un 'corredor azul' de estaciones de GNL para el transporte en ruta - Télam - Agencia

Nacional de Noticias.” https://www.telam.com.ar/notas/201901/326814-proyectan-un-corredor-azul-de-estaciones-de-gnl-para-el-transporte-en-ruta.html (accessed Mar. 22, 2021).

[89] A. Ha, “EL FUTURO DEL TRANSPORTE VEHICULAR PROPULSADO A GAS: GNC & GNL El GAS ES RIQUEZA MOTORA DE ARGENTINA.”

[90] “EL GNL.” http://www.petrotecnia.com.ar/junio12/sinpublicidad/GNL.pdf (accessed Mar. 22, 2021).

[91] “¿Qué es Vaca Muerta? | YPF en Vaca Muerta.” https://www.ypf.com/desafiovacamuerta/Paginas/index.html (accessed Mar. 22, 2021).

[92] B. W. Griscom *et al.*, “Natural climate solutions,” *Proc. Natl. Acad. Sci.*, vol. 114, no. 44, pp. 11645–11650, Oct. 2017, doi: 10.1073/pnas.1710465114.

[93] “What is Carbon Pricing? | Carbon Pricing Dashboard.” https://carbonpricingdashboard.worldbank.org/what-carbon-pricing (accessed Mar. 22, 2021).

[94] T. Berg *et al.*, “State and Trends of Carbon Pricing 2019,” 2019, doi: 10.1596/978-1-4648-1435-8.

[95] “State and Trends of Carbon Pricing 2019.” http://documents1.worldbank.org/curated/en/191801559846379845/pdf/State-and-Trends-of-Carbon-Pricing-2019.pdf (accessed Mar. 22, 2021).

[96] M. Langholtz *et al.*, “The Economic Accessibility of CO2 Sequestration through Bioenergy with Carbon Capture and Storage (BECCS) in the US,” *Land*, vol. 9, no. 9, p. 299, Aug. 2020, doi: 10.3390/land9090299.

[97] R. C. Leonardo Iannuzzi, Roy Bierregaard, Jorge Antonio Hilbert, Electo Silva Lora, Marcelo Ferrando, “COSTOS PARA LA DESCARBONIZACIÓN DEL TRANSPORTE AUTOMOTOR EN ARGENTINA MEDIANTE VEHÍCULOS DE CELDAS DE COMBUSTIBLE EN BASE A HIDRÓGENO. ENARCIV 2020 | IX Encuentro Argentino de Ciclo de Vida VIII Encuentro de la Red Argentina de Huella Hídrica. Presentado.” https://analisisciclodevida.wixsite.com/inicio (accessed Mar. 22, 2021).