

## Capítulo 6

### TRANSICIÓN ENERGÉTICA Y ELECTROMOVILIDAD

La transición energética es un proceso gradual en el que se sustituye una fuente de energía, o tipo de fuente energética, por otra. Según Folchi *et al.* (2006), esta transición «debe entenderse como un proceso de modernización energética», en el cual se reemplaza la energía tradicional por una más moderna o mejor, en términos de eficiencia (Suárez, 2019). El sector Transporte se halla entre las políticas públicas estratégicas de transición energética, centrada en la electricidad en este Informe.

Tras revisar las características del sector Transporte, se analizan los posibles impactos de las medidas estatales que pueden acelerar esta transición, y los aspectos de la economía nacional —en particular, de la balanza comercial— relacionados con ellas. Una transición energética en el sector transporte, con la paulatina sustitución de los vehículos con combustión interna por vehículos eléctricos, permitiría la electromovilidad en los servicios de transporte en Paraguay. Los impactos son efectos directos o indirectos ocasionados por alguna intervención realizada en una situación determinada, de características positivas o negativas. Los tomadores de decisiones precisan conocer esos impactos a nivel país, o de un sector de la economía (Quevedo *et al.*, 2002).

Este capítulo se compone de cuatro secciones. La primera comprende una breve introducción al tema del transporte y los costos de la energía. La segunda se refiere a los distintos tipos de impacto de la electromovilidad. La tercera se centra en políticas macro vinculadas al Estado como impulsor de la electromovilidad y en las barreras para llegar a la transición eléctrica. Finalmente, una extensa cuarta sección abarca los vehículos eléctricos, el mercado y las baterías de litio, dentro de lo que puede denominarse una oportunidad de negocios.

## **Primera sección: Transporte y costos de la energía**

### **6.1. El sector transporte de Paraguay**

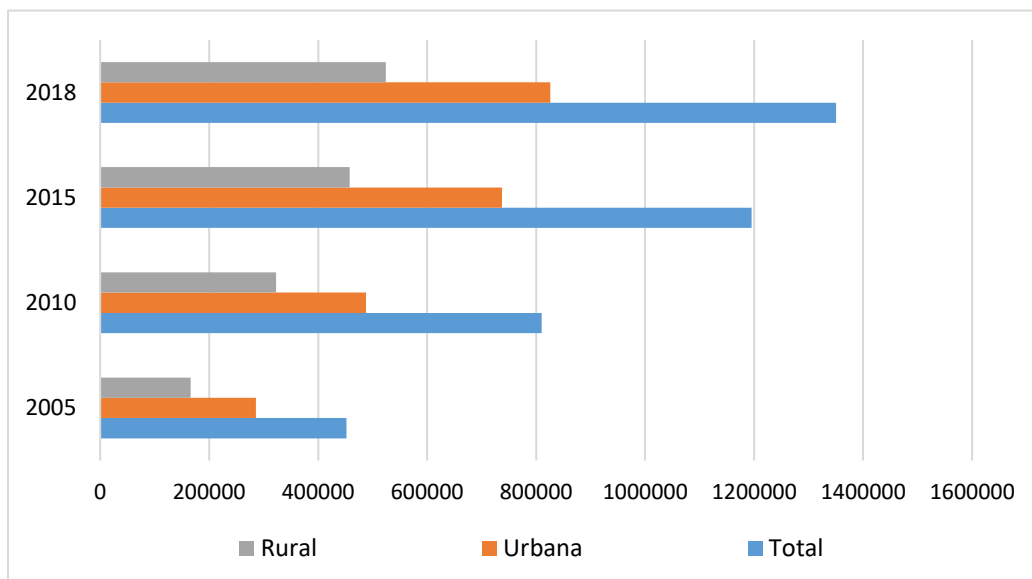
Se describen, seguidamente, algunas características del sector transporte en el Paraguay —cantidad de automotores, distribución geográfica, tasa de motorización—; el peso de la importación de combustibles fósiles sobre la balanza comercial; y las consecuencias ambientales del parque automotor actual: emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) y material particulado (MP).

Según la Dirección del Registro de Automotores (DRA), en mayo del 2019 el país registraba 2.326.335 automotores: 37,3% de automóviles, camionetas y *jeeps*; 33,1%, motocicletas; 4,4%, camiones, carretas, tractores y acoplados; y 0,8%, ómnibus y minibuses. El 24,32% restante es catalogado como Otros.

En siete años, la tasa de motorización se duplicó ampliamente: si en 2010 existían 142 vehículos por 1.000 habitantes, en 2017 eran ya 296 vehículos por millar de habitantes (DRA, 2019). Del 2012 al 2018, la cantidad total de automotores creció 120%, a una tasa anual promedio de 14%. El incremento de vehículos y motos en los hogares es sostenido, tanto en áreas rurales como urbanas.

Gráfico N.º 6.1.

Evolución de hogares con transporte propio, auto o moto (2005-2018).



Fuente: Elaboración propia, según datos de la DGEEC, EPH 2018.

El departamento Central y Asunción concentran al 47% del total de registros del país. Le siguen Alto Paraná e Itapúa, con el 16,7% y 8,9%, respectivamente. Los departamentos con menores tasas —y también menor población— son Ñeembucú (1%); y los chaqueños Pdte. Hayes (0,9%) y Alto Paraguay (0,04%) (DRA, 2019). El parque automotor del transporte público tiende a la obsolescencia: más de la mitad de las 1.823 unidades reguladas por el Viceministerio de Transporte cuenta con siete años y más de uso (el 29%, de 7 a 12 años, y el 24%, de 13 a 20 años), mientras el 47% restante registra seis años o menos de funcionamiento (Viceministerio de Transporte, 2018).

La flota de transporte público urbano representa, en 2019, menos del 0,2% del parque automotor de Asunción y el área metropolitana, pero es responsable de más de la mitad de los desplazamientos de esta región. Debido a sus falencias, la tasa de la población que opta por modalidades particulares de transporte —automóviles o motocicletas— va en aumento en los últimos años.

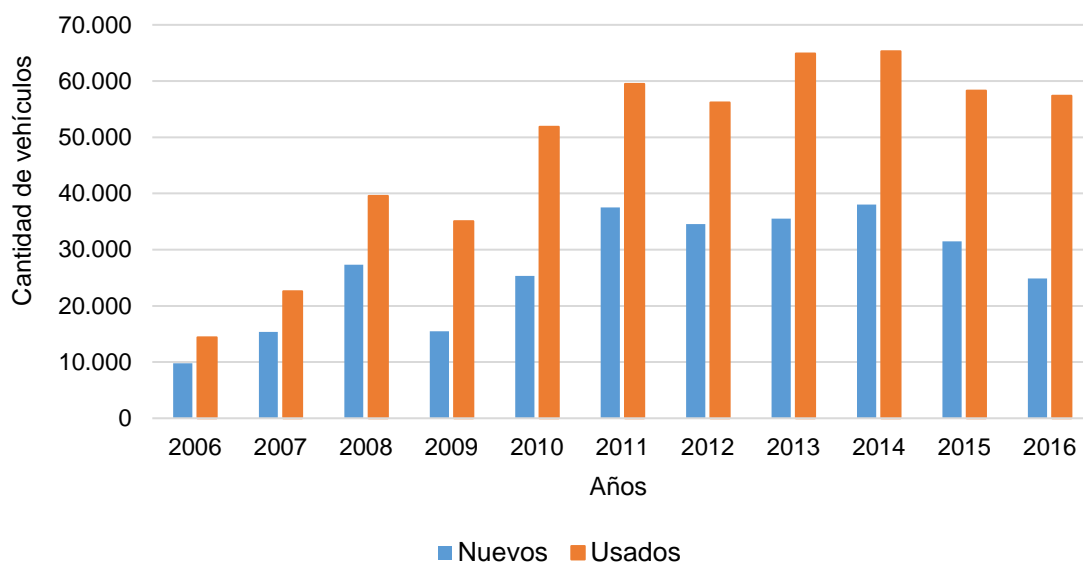
Existe insatisfacción respecto al servicio del transporte público, debido a la baja frecuencia de recorrido de las líneas, su déficit de limpieza y comodidad, y la escasa

información sobre los trayectos. A esto debe sumarse la inadecuada infraestructura vial urbana, que alarga los tiempos de desplazamiento. Un quinquenio atrás, el tiempo promedio de llegada a destino de pobladores de la capital y su área metropolitana era de 50 minutos, y la velocidad del viaje —en horas punta— en las principales vías era, en promedio, de 10,65 km/h (BID, 2014), condiciones que empeoraron recientemente.

Aunque el país cuenta con una incipiente industria de motocicletas y ensamblaje de vehículos utilitarios, casi la totalidad de los automóviles del parque automotor es importada. La importación de vehículos usados supera ampliamente la de los nuevos, lo que contribuye a la alta obsolescencia promedio del parque automotor.

Gráfico N.º 6.2.

Cantidad de vehículos nuevos y usados importados (2006–2016).



Fuente: Elaboración propia, con base en datos de la Dirección del Registro del Automotor.

En la región, Paraguay es el país con menos restricciones para la importación de vehículos usados, según su antigüedad. Esto, sumado a su bajo costo inicial, fomenta la importación y comercialización masiva de este tipo de vehículos (Centro Mario Molina, 2011).

## 6.2. Costos de la energía para el transporte

El sector transporte consume en Paraguay el 93% del total de los productos derivados de petróleo, importados en su totalidad. Del tipo de derivados, dos tercios (67%) corresponden a gasoil; un cuarto (25%) a nafta; una tasa mínima (2%) a fueloil; y el 6% restante abarca otros combustibles y lubricantes (Viceministerio de Minas y Energía, 2017).

Debido a la creciente tasa de motorización, los combustibles y lubricantes importados aumentaron, en promedio, 11% anual entre 2008 y 2018. Este rubro representó, en ese lapso, en promedio, el 14% del total de importaciones anuales del país (Banco Central del Paraguay, 2019a).

El precio del gasoil en Paraguay sufrió una variación promedio anual de 12,9% entre 2000 y 2018 (Banco Central del Paraguay, 2019b). En contraste, el precio de la energía eléctrica no ha variado en el periodo 2005-2017. Recién en 2017, con el Pliego N.º 21 de la Administración Nacional de Electricidad (ANDE), se incrementó 20%, pasando de 365,45 €/kWh (Pliego N.º 20, del 2005) a 435, 51 €/kWh (2017) para la franja de consumo mayor a 1000 kWh, residencial o doméstica.

La preocupación por el cambio climático, como efecto de las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI), ha derivado en compromisos internacionales, a los cuales Paraguay está adherido. La totalidad del parque automotor del país es movido por motores de combustión interna; y el transporte carretero es responsable de la emisión del 99,3% de las emisiones totales de CO<sub>2</sub> del sector.

La transición a los vehículos eléctricos es una estrategia eficiente para reducir estas crecientes emisiones de CO<sub>2</sub>. Al abastecer al sector transporte con energía limpia y renovable (hidroelectricidad), se reduciría, además, la dependencia del país de los hidrocarburos importados, y se lograría mayor previsibilidad en la balanza comercial nacional.

## Segunda sección: Impactos de la electromovilidad

### 6.3. Impacto de la electromovilidad en la matriz energética

El fomento de la electromovilidad es un vector principal de la transición energética, y un desafío para las políticas públicas. La recarga de energía de un parque automotor mayoritariamente movido con electricidad logrará efectos positivos en la matriz energética y en el sistema de distribución eléctrica del Paraguay, a través de cambios en el factor de carga. Para los usuarios, un vehículo eléctrico es superior a uno convencional —de combustión interna— en lo que hace a la eficiencia del tipo de motor, y al menor costo de la energía frente a los derivados de petróleo.

La ganancia en eficiencia energética responde a los Objetivos del Desarrollo Sostenible (ODS), al N.º 7: «Garantizar el acceso a una energía asequible, segura, sostenible y moderna para todos»; y al ODS N.º 8: «Promover el crecimiento económico sostenido, inclusivo y sostenible, el empleo pleno y productivo y el trabajo decente para todos». Al reducirse la emisión de sustancias contaminantes —gases de efecto invernadero (GEI)— mejorará la calidad del aire, lo que responde a los ODS N.º 11: «Lograr que las ciudades y los asentamientos humanos sean inclusivos, seguros, resilientes y sostenibles», y ODS N.º 13: «Adoptar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus efectos».

Los impactos sobre el consumo y la matriz energética —por la evolución del parque automotor hacia la electromovilidad— fueron medidos por Quintana y Ramírez (2019), de acuerdo con el Plan Nacional de Desarrollo 2030, uno de cuyos objetivos es reducir el consumo de combustibles fósiles un 20%. El cálculo se basó en un modelo de balance energético del Paraguay, con el software LEAP<sup>1</sup>, tomando el 2011 como año base y 2030 como año objetivo.

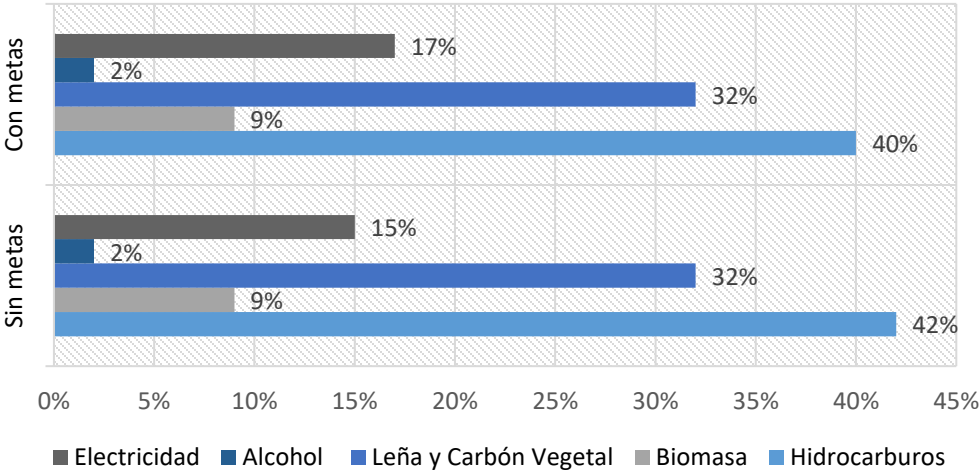
Se trabajaron dos escenarios: el primero tendencial (sin metas), en el cual no se implementan políticas de incentivos o exoneraciones impositivas; y el segundo con metas propuestas, alcanzables con incentivos fiscales. Se obtuvo así una estimación del volumen

---

<sup>1</sup> *Long-range Energy Alternatives Planning System*, software para evaluar la política energética y la mitigación del cambio climático, desarrollado por el Stockholm Environment Institute.

de vehículos eléctricos que deben ser incorporados al parque automotor para cumplir la meta del 2030. Habría escenarios distintos con metas complementarias —reglamentaciones estrictas para tecnologías contaminantes, impuestos a emisiones de carbono, fomento del transporte público eléctrico, etc.— no considerados aquí.

Gráfico N.º 6.3.  
Matriz energética en el año 2030, para dos escenarios.

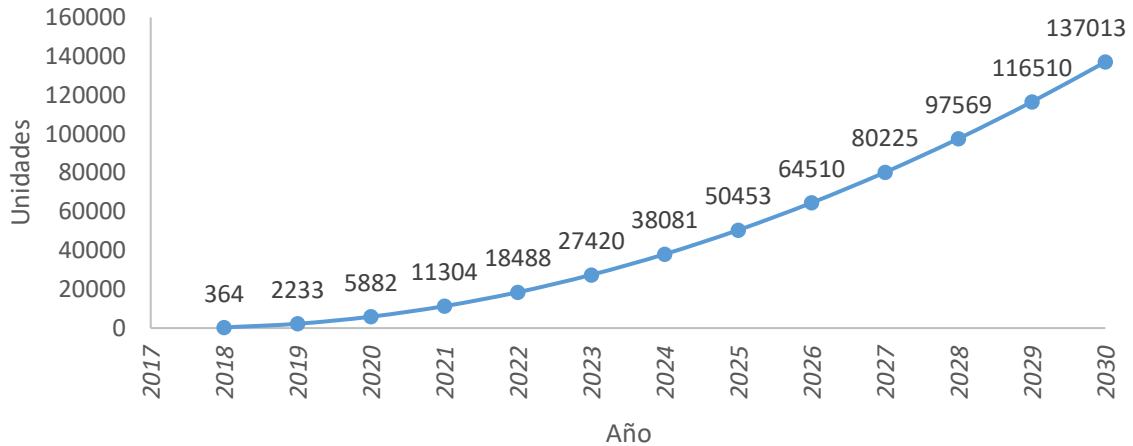


Fuente: Quintana y Ramírez (2019).

Lograr la meta propuesta por el PND 2030 requiere incorporar 137.013 vehículos eléctricos, reemplazando idéntica cantidad de los convencionales, lo que generará una reducción del 20% en consumo de combustibles fósiles en el transporte particular. Se plantea partir de una flota inicial de 360 vehículos (en el año 2018), alcanzar unos 5.800 en el 2020, 27.500 vehículos en el año 2023, 64.500 en el 2026 y, finalmente, 137.013 vehículos eléctricos en el año meta, 2030.

Gráfico N.º 6.4.

Evolución de la cantidad de vehículos eléctricos para el escenario con metas (2018-2030).



Fuente: Quintana, M. y Ramírez, M. (2019).

El impacto en la matriz energética nacional puede cuantificarse en una reducción de dos puntos porcentuales en el consumo de hidrocarburos, y un aumento de dos puntos porcentuales en el de energía eléctrica. Estas tasas generarán una disminución de 20 puntos porcentuales en las emisiones de CO<sub>2</sub>, aspecto que se retoma más adelante. La inserción de estos vehículos —y el consecuente incremento del consumo de energía eléctrica— responden, además, al ODS 7.2: De aquí a 2030, aumentar considerablemente la proporción de energía renovable en el conjunto de fuentes energéticas.

#### 6.4. Impacto de la electromovilidad en el sistema de distribución eléctrica

La Administración Nacional de Electricidad (ANDE) distribuye la energía eléctrica a dos niveles de tensión: Media Tensión (MT), a 23 kV; y Baja Tensión (BT), a 380/220 V. Como el país produce más energía eléctrica de la que consume, las condiciones para la inserción masiva de vehículos eléctricos son favorables. Pero en el escenario de un importante incremento de la flota vehicular eléctrica, las redes de distribución de energía eléctrica soportarán un aumento significativo de las cargas.



Las baterías de los vehículos eléctricos acumulan energía, y la recarga puede efectuarse en horarios de punta, o de valle. Una recarga en conjunto, en horario de punta, incrementaría la carga máxima ya existente, y forzaría el sistema de distribución. El incremento del valor de la demanda máxima, muy por encima del valor de la demanda media existente, irá en detrimento del factor de carga. Esto es crítico para el sistema paraguayo, en el que el suministro está basado en contrataciones de grandes bloques de energía en función al valor de esta demanda máxima. Es decir, la potencia contratada sirve para satisfacer el pico de demanda que se da durante cortos períodos de tiempo, aunque no sea utilizada en toda su magnitud durante la mayor parte del tiempo.

La gestión estratégica del modelo de consumo supone una solución inmediata y de menor costo, ya que no implica inversión adicional en infraestructura. Se debe establecer un esquema horario de recarga de vehículos eléctricos que serán conectados al sistema de distribución existente, para mejorar el factor de carga.

González y Mussi (2019) simularon una recarga masiva de vehículos eléctricos en Asunción, en distintos tiempos. El alimentador usado como referencia era de una zona residencial, lo que supone mayor probabilidad que la recarga sea hecha en horarios de demanda leve, por los patrones de utilización de vehículos de los usuarios.

La recarga en horarios fuera de punta de carga, con leves o medianas demandas de energía eléctrica, permite una respuesta positiva del sistema, y el factor de carga mejora significativamente. Pero si la recarga simultánea de estos vehículos se realiza en horas de demanda alta, el sistema eléctrico colapsa. Para mitigar esta situación, sería necesario aumentar la capacidad nominal de los alimentadores.

Sumado a la mayor eficiencia del motor eléctrico frente a los de combustión interna, el precio de la energía eléctrica es menor que el de los combustibles fósiles. Según Sacco (2019), el vehículo eléctrico (considerando materiales, aerodinámica, peso, entre otros) es tres veces más eficiente en consumo energético que uno convencional, de motor a diésel, y cuatro veces más que uno movido a gasolina. Es decir, en una misma distancia recorrida, el vehículo eléctrico consume un tercio y un cuarto menos de energía, respectivamente, que los convencionales.

Por ello, el costo operativo —precio unitario del combustible por la energía media consumida— de un vehículo eléctrico es menor que uno con combustión interna. Y como el precio de la energía eléctrica en Paraguay es inferior al de los combustibles fósiles, la diferencia del costo operativo se torna aún más importante.

## **6.5. Impacto en los usuarios, según los costos de ambas tecnologías**

Buscando cuantificar el efecto económico en el usuario, el Centro de Recursos Naturales, Energía y Desarrollo (CRECE) desarrolló la herramienta TCO (*Total Cost Ownership*) para comparar las dos opciones, con precios reales del mercado paraguayo. Bubeck *et al.* (2016) definen el TCO «como una herramienta de compra, que permite conocer el verdadero costo de adquirir un bien o servicio en particular, de un proveedor en particular». El TCO considera los diferentes tipos de costos que surgen de la propiedad durante todo el periodo de servicio o pertenencia de un producto.

Pueden así compararse los costos totales de un vehículo eléctrico con los de uno convencional, a lo largo de su vida útil, y evaluar el factor económico que supondría en un individuo optar por un vehículo eléctrico. Los costos abarcan los de gastos de adquisición (costo del vehículo, IVA, registro); los cargos municipales (patente e inspección técnica vehicular (ITV)), seguro, y, eventualmente, compra e instalación de una estación de carga (nivel N1) en el domicilio del consumidor; los costos de operación (electricidad o gasolina); y los de mantenimiento (cambio de aceite y filtros, bujías, correa, frenos) para cada tecnología de movilidad.

Para el ejercicio, se consideraron vehículos nuevos, sin uso, de características técnicas comparables: el BAIC EC200 (eléctrico), y otro convencional. El BAIC es una marca que comercializa sus vehículos en Paraguay en forma oficial, y ambos vehículos son tipo *hatchback*, del año 2019. Se realizó el flujo de caja con una tasa de descuento del 9% (Directiva SNIP del MH, octubre de 2017) a un horizonte de 10 años, vida útil de los vehículos, desde el 2019 al 2029. Con datos del BNEU (Fundación Parque Tecnológico

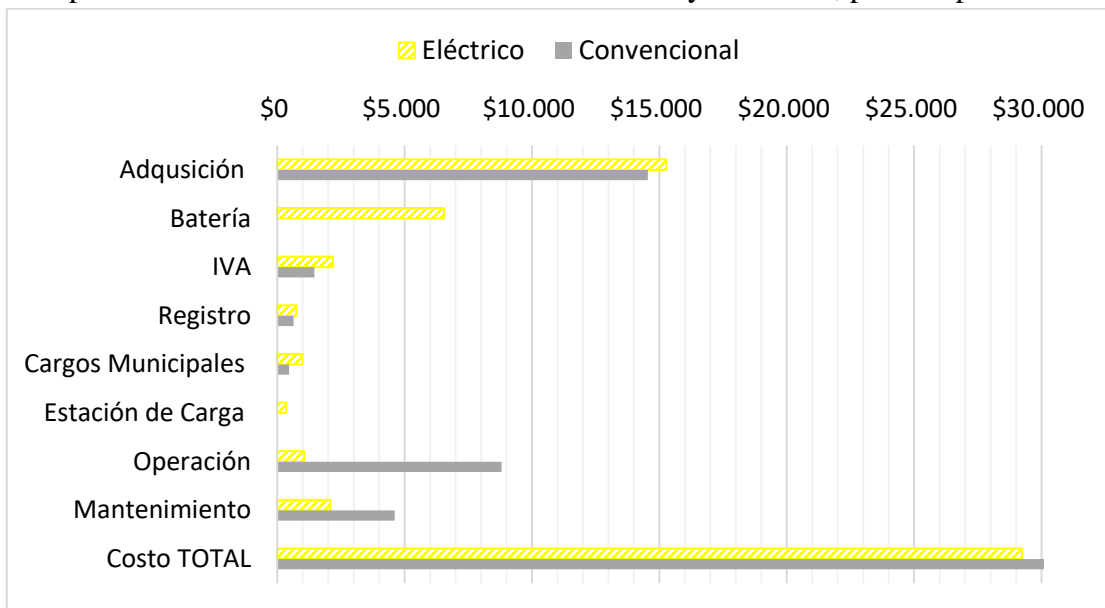
Itaipú-Paraguay 2014) y la DINATRAN (2016), se estimó en 15.400 km la distancia recorrida anualmente por cada vehículo.

El costo usado fue el del ente regulador, PETROPAR, para el combustible fósil de mejor calidad, proyectado a la tasa de precios de los productos de petróleo del *Annual Energy Outlook* (2012) de la Energy Information Agency (EIA). Se consideraron constantes los precios para la electricidad, usando como referencia el Pliego de Tarifas N.º 21 de la categoría 142 para una faja de consumo mayor a 1.000 kWh de la ANDE, a marzo de 2017.

El gráfico siguiente ilustra la composición de costos de la adopción de cada alternativa de movilidad, cuya comparación da un ahorro económico para el propietario de un vehículo eléctrico (VE) de USD 1.280, respecto al del vehículo con combustión interna (VCI).

Gráfico N.º 6.5.

Comparación de costos de vehículos convencionales y eléctricos, por componentes.



Fuente: Elaboración propia (CRECE).

El costo de la batería de litio supone casi el 30% del total, y su impacto es significativo. Según este estudio, las tasas de descuento aplicadas impactan en la viabilidad de adquirir un vehículo eléctrico, que a largo plazo contrastan con las del convencional. En

proyectos de inversión inicial alta y costos de operación y mantenimiento bajos, las tasas de descuento deben ser bajas (vehículos eléctricos), y altas en los de inversión inicial baja y costos de operación y mantenimiento altos (vehículos convencionales) para que el proyecto sea viable.

La distancia recorrida afecta significativamente los resultados obtenidos: a mayor kilometraje, la ventaja de los vehículos eléctricos es todavía superior. En este caso, esta tecnología resulta más conveniente, aunque su costo de compra sea mucho más alto. Pero es el costo inicial del vehículo el que más influye en la preferencia del usuario.

## **6.6. Impacto en la balanza comercial**

El comercio exterior tiene una alta participación en la economía paraguaya. En lo que respecta al consumo de energía en el transporte, el país se encuentra expuesto a *shocks* de precios externos, al depender totalmente de la importación de productos derivados del petróleo. El paso a la electromovilidad tendría impactos directos favorables en la balanza comercial del país, y en la estabilidad de precios de fuentes de energía para el transporte.

Un efecto accesorio sería la previsibilidad, ya que los derivados del petróleo se cotizan a precios internacionales de alta volatilidad, que responden no tanto a sus costos de producción como a la geopolítica internacional del petróleo. El país lograría minimizar los riesgos en la provisión energética, y una mayor independencia de los factores geopolíticos externos. La estabilidad y la previsibilidad económica son esenciales para atraer inversores, y fomentar el crecimiento y el desarrollo en el país.

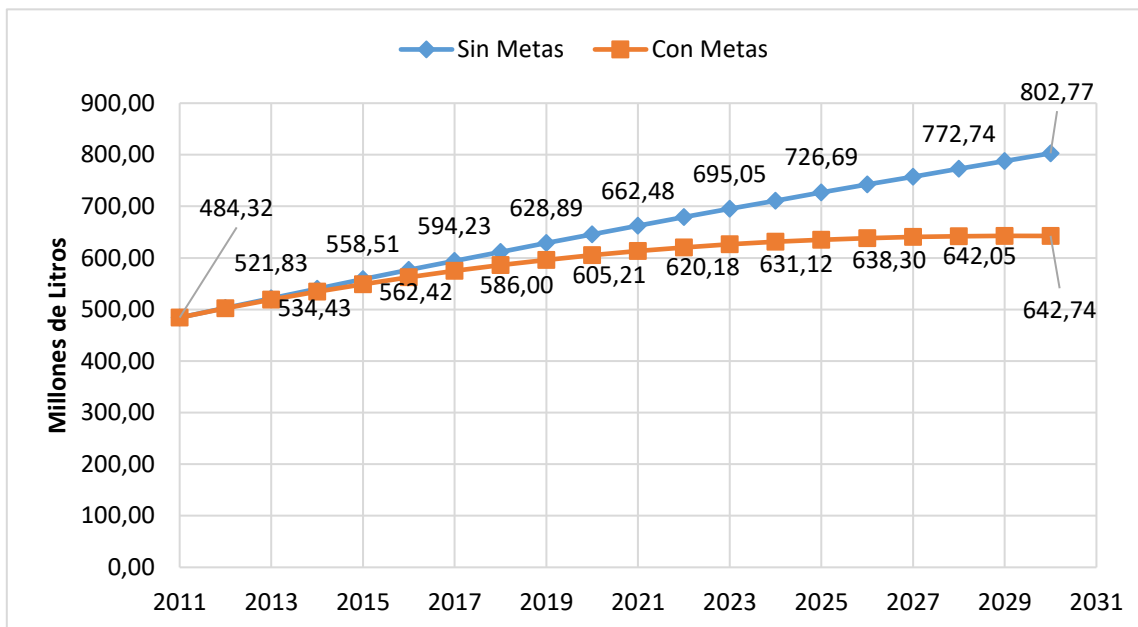
El transporte público urbano es uno de los sectores más afectados por el precio del combustible, que incide entre 40 y 45% sobre el costo del pasaje, según los empresarios del transporte (Agencia de Información Paraguaya, 2018). A su vez, el costo del pasaje afecta el de la canasta básica familiar, el salario mínimo legal y los índices de inflación.

Según estudio (Quintana y Ramírez, 2019), el cumplimiento de la meta del PND 2030, de disminuir en 20 puntos porcentuales el consumo de combustibles fósiles —con la

inserción de 137 mil vehículos eléctricos— supondría un ahorro acumulado de 1.123 millones de litros de combustible fósil, equivalentes a 1.151 millones de dólares, con el horizonte del 2030.

Gráfico N.º 6.6.

Proyección del consumo de combustibles fósiles, en Paraguay (2011-2030).



Fuente: Quintana y Ramírez (2019).

Sauer *et al.* (2015) analizaron la posibilidad de implementar una industria en Paraguay de producción local de vehículos eléctricos: Paraguay y Bolivia pueden convertirse en países líderes en electromovilidad a nivel mundial, combinando la capacidad de generación de electricidad limpia (hidroelectricidad) del Paraguay con la reserva de litio de Bolivia. Estos valiosos recursos, aprovechados en forma conjunta, favorecerían una exitosa transición energética en el transporte.

Con una producción anual de 40.000 vehículos eléctricos, en una década el país produciría 400.000 vehículos, sustituyendo los 250.000 vehículos a diésel y 150.000 a nafta que hoy circulan en el país. Se reducirían así no solo las importaciones de combustibles y las emisiones de CO<sub>2</sub>, sino también las exportaciones de hidro-electricidad excedente a los países

socios de las binacionales. A diez años, la reducción de importación de combustibles conllevaría un ahorro de USD 1.759,2 millones de USD; la exportación de electricidad se reduciría en USD 27, 1 millones; y la reducción de CO<sub>2</sub> equivaldría a un valor de USD 68, 4 millones de USD.

Estimando otros impactos económicos y restando las pérdidas en los impuestos, la distribución y los márgenes de ganancia, y la menor exportación de electricidad, el beneficio total de reducir la importación de combustibles y por emisiones de CO<sub>2</sub> alcanzaría unos USD 995,7 millones, al valor actual (Sauer *et al.*, 2015). Además, tendría la ventaja de equilibrar la balanza de pagos de Paraguay y prevenir la inflación.

## **6.7. Impactos ambientales**

Existen numerosos acuerdos internacionales para mitigar las acciones con consecuencias negativas en el medio ambiente. En diciembre de 2015, en la Convención de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático, 195 países adoptaron el Acuerdo de París, firmado en Nueva York en abril de 2016. Paraguay fue signatario de este Acuerdo, un valioso instrumento de cooperación de las naciones del mundo para lograr el desarrollo sustentable. El mismo establece medidas para la reducción de las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI).

En octubre del 2015, Paraguay presentó su Contribución Determinada Nacional, que incluye la reducción de emisiones de CO<sub>2</sub> en un 20% con respecto al total de las emisiones proyectadas para el año 2030, con base en el Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero (INGEI). Además, el Plan Nacional de Desarrollo 2014-2030 (PND 2030) responde a metas de los 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), relacionadas al clima y a la regulación en el uso de los recursos naturales.

El PND 2030 plantea los instrumentos para cumplir con los compromisos internacionales respecto a la sustentabilidad y cambio climático, y las estrategias para valorizar el capital ambiental del país. Un objetivo fue aumentar un 60% del consumo de energías renovables y reducir el 20% del consumo de combustibles fósiles.

En el 2016, se adoptó la Política Energética Nacional «Paraguay 2040», con planes de acción y objetivos para lograr un impacto ambiental positivo, la sustentabilidad en la matriz energética y mayor electromovilidad del sector transporte.

Esta política incluye el «Programa de movilidad eléctrica en el sector público», que busca promover la sustitución de la flota vehicular convencional en el sector público por una eléctrica; mejorar la calidad de combustibles y sus usos, etc. Estas medidas responden a los desafíos del cambio climático y de la calidad del aire (MIC, 2018).

La calidad del aire se define por el grado de presencia de sustancias contaminantes de origen antrópico en su composición. El Índice de Calidad del Aire (ICA) mide la concentración del material particulado (de hasta 2,5 micrones de diámetro) presente en la atmósfera. Está normado por Ley N.º 5211/2014 De la calidad del aire; el Decreto N.º 1269/2019 otorga su coordinación interinstitucional al Ministerio del Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADES) y establece que los municipios realizarán el control de emisiones de fuentes móviles (transporte).

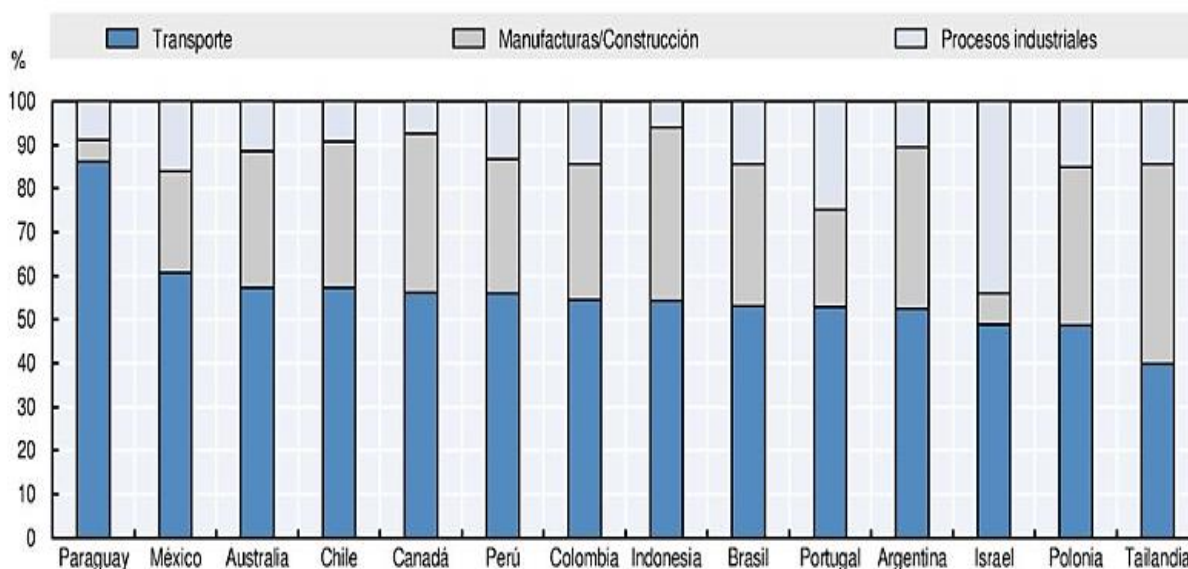
Gran parte de los contaminantes del aire proviene de la combustión de derivados de petróleo. La descarbonización del sector transporte -responsable del 93% de la demanda de hidrocarburos (VMME, 2017) en el Paraguay será posible con la electromovilidad y supondrá beneficios ambientales innegables. Algunos indicadores (OECD, 2018; Centro Mario Molina 2011, 2014 y 2019) registran valores preocupantes del Dióxido de Nitrógeno (NOx) y de Compuestos Orgánicos Volátiles (COV), relacionados directamente con la cantidad de vehículos convencionales en circulación, que aumentaron considerablemente en los últimos años (DGEEC, 2018).

Las mediciones del Centro Mario Molina en Asunción constataron en 2019 un aumento del Material Particulado 2.5 —un promedio de 30 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )— de 20% respecto a los registrados en 2010 y 2014. Con este perfil de concentración, las emisiones generadas por el tráfico vehicular repercuten significativamente en la calidad del aire (MADES 2019). Las emisiones de GEI sufrieron en Paraguay un incremento del 76% entre 2005 y 2013 (Banco Mundial, 2018): el mayor volumen de esas emisiones de GEI per cápita en el país proviene del sector transporte (OECD, 2018).

De acuerdo a la Organización Mundial de la Salud (OMS), diversas enfermedades son causadas por la contaminación del aire: cardiopatías isquémicas, accidentes cerebrovasculares, enfermedades pulmonares obstructivas crónicas, infecciones respiratorias agudas, cáncer de pulmón, etc. (World Health Organization, 2016).

Gráfico N.º 6.7

Distribución de emisiones de GEI per cápita por sector, países seleccionados.



Fuente: OECD (2018).

Aunque el vehículo eléctrico no produce emisiones, en los países cuya producción de energía eléctrica no es limpia, existe una huella de carbono —emisiones de CO<sub>2</sub>— generada por la electromovilidad. Aun así, la contaminación neta es mucho menor a la producida por vehículos convencionales. En Europa, cuya matriz de generación no es totalmente renovable, los vehículos eléctricos emiten 50% menos de CO<sub>2</sub> que los movidos con gasolina y 40% menos que los movidos con diésel. En países con una matriz de generación más ligada a fuentes contaminantes, como Estados Unidos o Japón, los ahorros en emisiones de CO<sub>2</sub> son todavía menores.

Paraguay posee gran potencial para adoptar la movilidad eléctrica, debido a que su generación de energía eléctrica es una de las más limpias del mundo. En Noruega, cuya

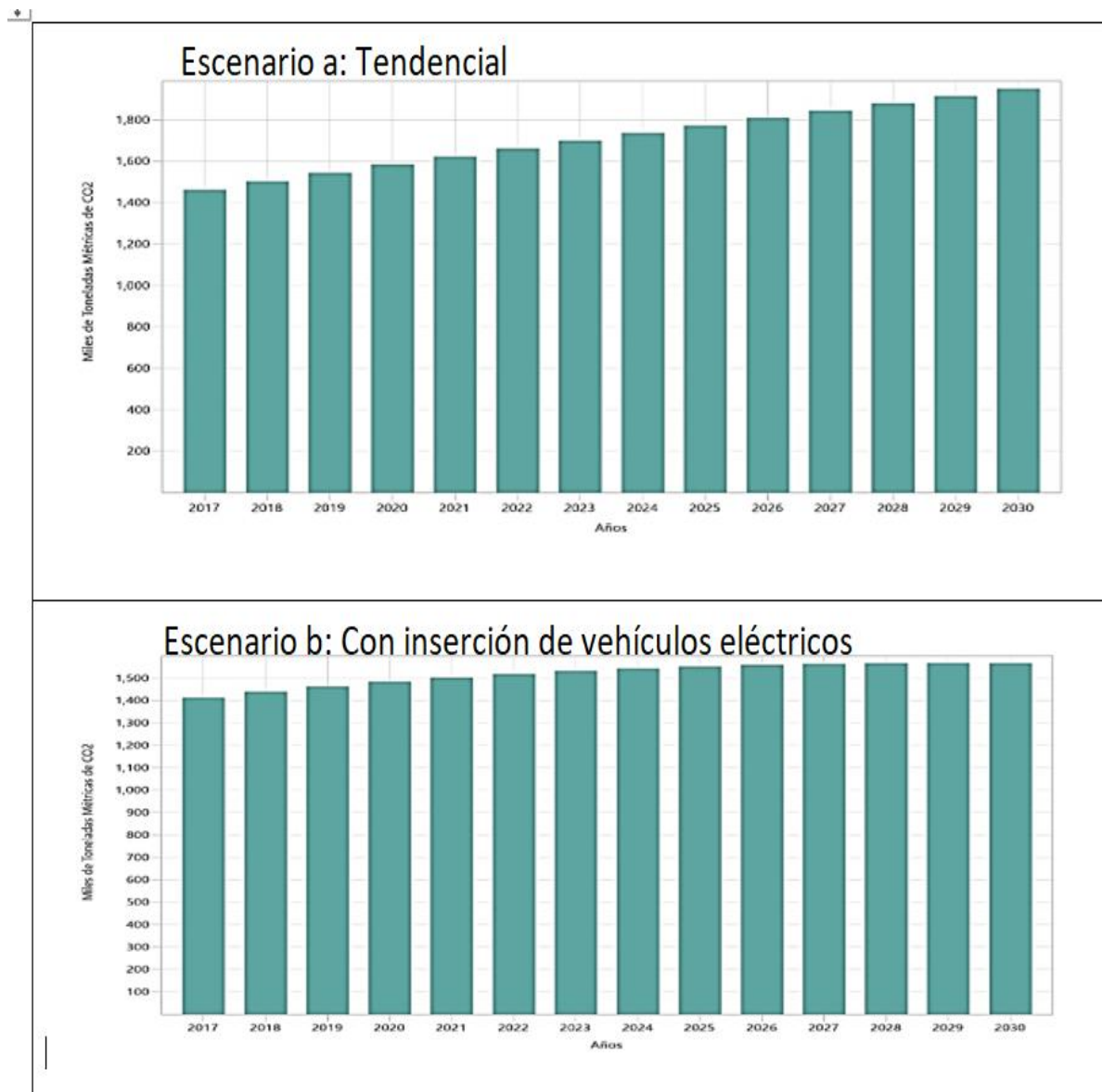


matriz eléctrica es totalmente renovable como la de Paraguay, el parque automotor eléctrico logró reducciones anuales de hasta 9,5% en las emisiones de CO<sub>2</sub>. (Norwegian Institute for Public Health, 2017).

Los desafíos del cambio climático en este caso se responden con la propuesta de la electromovilidad que como se anticipó, en su impacto en la matriz energética (6.3) significan una reducción del 20% en las emisiones de CO<sub>2</sub> en el caso de adoptar los lineamientos del PND 2030 (Quintana y Ramírez, 2019). Con este objetivo, compararon un escenario a) tendencial, de crecimiento de la flota vehicular convencional sin intervenciones, con el b) de inserción gradual de vehículos eléctricos al sistema de transporte hasta alcanzar las 137.013 unidades. El siguiente gráfico –con años en el eje horizontal y miles de toneladas métricas de CO<sub>2</sub> en el vertical– tiene la particularidad de presentar el escenario tendencial con una escala de hasta 1.800 y en el de incorporación de vehículos eléctricos con otra escala de hasta 1.500 miles de toneladas métricas de CO<sub>2</sub>.

Gráfico N.º 6.8.

Evolución de emisiones de CO<sub>2</sub> en dos escenarios (2017-2030).



Fuente: Quintana y Ramírez (2019). [pedir original]

Las iniciativas de transición a la electromovilidad del transporte en Paraguay reducen no solo las emisiones de CO<sub>2</sub>, sino también las de óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>) y Compuestos Orgánicos Volátiles (COV), casi nulas debido a que estos vehículos no emiten contaminantes de escape. Sin embargo, el desgaste de frenos y ruedas produce materia particulada en el aire,

como cualquier vehículo motorizado (European Environment Agency, 2018), y no se reduce significativamente con una flota vehicular eléctrica (Soret *et al.*, 2014).

Otro efecto ambiental generado por vehículos eléctricos es el de sus baterías, una vez finalizada su vida útil. Un organismo competente puede acopiar las baterías que hayan llegado a su vida útil, y gestionar su reutilización para satisfacer la necesidad de almacenaje de energía del país.

### **Tercera sección: Estado impulsor, y barreras a la transición eléctrica**

#### **6.8. El Estado como impulsor de la electromovilidad**

La transición energética es una transición tecnológica. Las acciones públicas en el sector transporte pueden impulsarla, ya que actúan como catalizadoras de la demanda. Los objetivos de la Política energética Paraguay 2040 —aprobada por Decreto N.º 6092/2016— incluyen, en el del subsector Electricidad, el de ampliar la participación de la electricidad en los sectores de consumo, con criterios de eficiencia técnica y económica.

Su «Programa de Movilidad Eléctrica en el Sector Público» plantea cambiar la flota vehicular de la ANDE por vehículos eléctricos, para el área metropolitana de Asunción, en un 10% hasta el año 2023, en un 50% hasta el 2030, y en su totalidad para el 2040. Y adquirir vehículos eléctricos para el sector público, en idéntica proporción para el 2023, en un 20% para el 2030, y en un 50% para el año 2040.

Según el Registro del Automotor del Sector Público (RASP), en el 2019 el Estado cuenta con un total de 12.684 vehículos. Las instituciones con mayor cantidad son el Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones (MOPC) y la Administración Nacional de Energía (ANDE), seguidas de los Ministerios de Agricultura y Ganadería (MAG) y de Salud Pública y Bienestar Social (MSPBS).

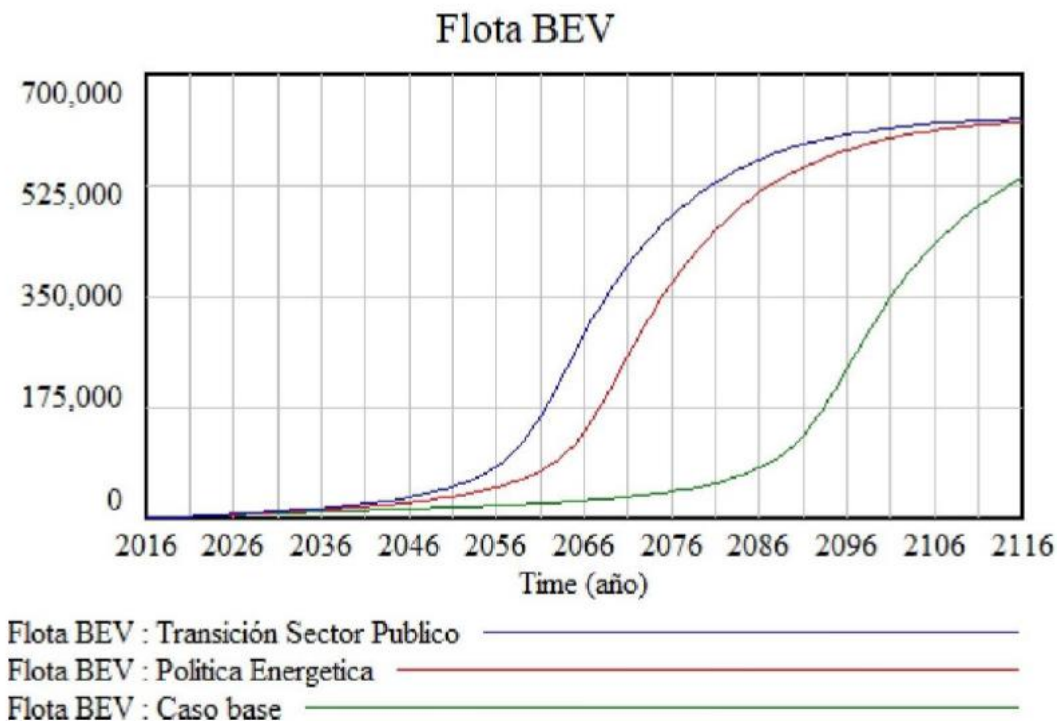
La iniciativa de impulsar la electromovilidad en Paraguay corresponde a la Itaipú: entre el 2015 y el 2017 la Binacional adquirió veinte vehículos eléctricos, que en parte fueron donados a instituciones y entidades del sector público nacional (Itaipú, 2017).

Recientemente, el Banco Central del Paraguay (BCP) estableció como meta tornar eléctrica más de la mitad de su flota vehicular para el 2022 (Banco Central del Paraguay, 2019).

Estas iniciativas estatales fomentarán la adopción de vehículos eléctricos por el sector privado. Al evaluar el reemplazo de su vehículo, los usuarios particulares actúan en función de múltiples criterios: el costo de adquisición y operación, repuestos, mantenimiento, etc. Otro factor es el de la familiaridad con la tecnología en particular, explicable por la madurez y predominancia de una respecto a las otras existentes. Dado que existe hace más de un siglo, la familiaridad con el motor con combustión interna es generalizada, lo que no sucede respecto a vehículos eléctricos, aún incipientes.

De acuerdo con Larré (2017), la familiaridad de los usuarios del Paraguay con las tecnologías de movilidad eléctrica podría adelantar el punto de inflexión en la transición hacia su predominancia en el parque automotor. El proyecto de investigación (GISE-Facultad Politécnica de la UNA) presenta tres escenarios: el de Caso Base (sin ninguna política); el de Política Energética (reemplazo de la flota de la ANDE) y el de Transición del Sector Público (reemplazo de toda la flota del sector público).

Gráfico N.º 6.9.  
Escenarios de difusión de vehículos eléctricos (2016-2116).



Fuente: Larré (2017). [pedir original +BEV]

La comparación de estos escenarios evidencia itinerarios y puntos de llegada bien diferentes. El Caso Base (sin ninguna política), expresado en la última línea, muestra un alza significativa desde 2086 más o menos, que alcanzaría 525.000 vehículos al finalizar el período proyectado. Se prueba que, a mayor exposición —gracias a los vehículos eléctricos de las instituciones del Estado, expresados en la primera y segunda líneas—, se incrementa la preferencia por los vehículos eléctricos más tempranamente, llegando a cerca de 625.000 vehículos. La aplicación de las distintas medidas de políticas anticiparía, de manera significativa, —en 30 años—, el punto de inflexión de la transición. Este impacto es positivo y pronunciado. El incremento es débil, al principio, pero con una sustitución completa en el sector público, el punto de inflexión se adelantaría notoriamente.

## 6. 9. Las barreras hacia la transición eléctrica

El Centro de Recursos Naturales, Energía y Desarrollo (2019) identificó las posibles barreras para la incorporación masiva de vehículos eléctricos, y elaboró propuestas de políticas públicas que impulsen esta transición tecnológica. Junto a la Mesa de Electromovilidad, se detectaron las fortalezas y debilidades de impulsar esa tecnología en el país. Esta Mesa reúne a especialistas técnicos y actores políticos del Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones (MOPC), la Itaipú Binacional, la Entidad Binacional Yacyretá, el Ministerio de Tecnologías de la Información y Comunicación (MITIC), la Administración Nacional de Electricidad (ANDE), el Viceministerio de Minas y Energías (VMME), las Facultades Politécnica y de Ingeniería de la Universidad Nacional de Asunción, el BAIC Group, la Cámara de Distribuidores de Automotores y Maquinarias (CADAM), el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) y la Federación Internacional del Automóvil (FIA).

Las fortalezas y oportunidades incluyen un marco institucional habilitante (legislación y el Presupuesto General de la Nación), los compromisos internacionales asumidos por el Estado paraguayo y las políticas nacionales vigentes que incentivan el desarrollo sostenible.

Actores claves del sector empresarial —importación y distribución de automóviles— expresaron interés en importar y comercializar vehículos eléctricos — una línea importó ya dos autobuses con esta tecnología en una iniciativa piloto (UH, 20.12.2019)—, lo que facilita la elaboración y puesta en marcha de estas políticas. Este sector está elaborando normas y estándares para regular las estaciones de recarga de vehículos eléctricos en Paraguay.

Otra fortaleza es la competitividad del costo de la energía eléctrica del país, con una de las tarifas residenciales más bajas de América del Sur (SIELAC/OLADE, 2019), lo que supone ventajas frente a los altos costos de los derivados de petróleo, e incrementa las posibilidades de inversión en la electromovilidad.

El mercado de movilidad personal está muy consolidado en el país, con altas tasas de motorización (DGEEC 2018, 2017). La flota vehicular tiene un promedio de antigüedad muy

elevado (Fundación Parque Tecnológico Itaipú-Paraguay, 2014): la alta proporción del parque automotor obsoleto favorece la efectividad de los incentivos por aplicarse.

El uso masivo de vehículos eléctricos, al utilizar, en mucho mayor grado, la energía eléctrica generada en el país influirá en su matriz energética, hoy sesgada por el uso no sustentable de la energía basada en derivados de petróleo y biomasa. Y con una gestión estratégica de la demanda, la recarga de baterías de vehículos eléctricos producirá efectos positivos en el Factor de carga del Sistema Interconectado Nacional, favorable desde la perspectiva técnica y económica. Las recargas de baterías fuera de horarios de punta alivian los picos de consumo facilitando la distribución de la energía eléctrica.

Una de las principales barreras a la transición hacia la electromovilidad es el alto costo inicial de estos vehículos: su precio de mercado supera en casi un tercio al de un vehículo convencional. Los actuales incentivos del Estado a la movilidad eléctrica son ineficientes, y no registran efectos positivos (Centro de Recursos Naturales, Energía y Desarrollo 2019). En parte porque están dirigidos a la importación, y no al consumidor; y benefician otras tecnologías como las de vehículos híbridos Flex (con diversas proporciones de combustibles fósiles y biocombustibles), sin los mismos beneficios ambientales que los vehículos eléctricos.

La oferta de vehículos eléctricos en el mercado nacional es, además, muy baja. Las empresas que han reconvertido su flota vehicular convencional a eléctrica, debieron asumir las gestiones de su importación. Solo una concesionaria importa y comercializa hoy vehículos totalmente eléctricos, frente a la gran oferta de vehículos convencionales de segunda mano, a precio muy bajo.

Para los transportes públicos, el Estado ofrece subsidios para buses de combustión interna, y no para los eléctricos. Tampoco las entidades bancarias y crediticias otorgan facilidades para adquirir estos vehículos. Otra barrera grave es la insuficiente infraestructura de carga: en 2019, solo existían ocho estaciones de cargas, siete en Asunción, y una en San Bernardino (Departamento Central). Dos de estas siete estaciones sirven a hoteles de la capital, y la mitad de las existentes está situada en dos barrios residenciales de la capital, en una altísima concentración geográfica.

Una última barrera es la baja familiaridad del público que, en parte, refleja la percepción respecto a esta tecnología. Esta baja familiaridad, sumada a la mínima existencia de vehículos eléctricos en el país, provoca incertidumbre en los potenciales consumidores sobre los beneficios y las limitaciones de los vehículos eléctricos.

Para salvar la competitividad de precios de vehículos eléctricos frente a otras opciones, medidas impositivas estimularían a las empresas importadoras. Podrían exonerarse los impuestos aduaneros a la importación y el del valor agregado (IVA), por un lapso determinado. Una supresión paralela de las exenciones a la importación de vehículos híbridos, y de otros no eléctricos, fortalecería esta medida.

Lograr la economía de escala de la electromovilidad requiere establecer una cuota mínima en la adquisición o alquiler de vehículos eléctricos por parte de organismos públicos; e incentivos para la compra de flotas de camiones y vehículos por parte del sector privado.

Por último, buscando crear un ecosistema funcional a estos vehículos, pueden establecerse incentivos fiscales similares a empresas importadoras de baterías, autopartes y repuestos. Y a través del Servicio Nacional de Promoción Profesional (SNPP) y de programas de los colegios técnicos dependientes del Ministerio de Educación y Ciencias (MEC), proveer cursos de capacitación de mecánicos para este tipo de vehículos.

El alto costo inicial de un vehículo eléctrico puede compensarse con reducciones o exoneraciones impositivas para aquellos vehículos provistos de una certificación que apruebe su eficiencia: impuestos aduaneros, IVA, patentes y tasas municipales, etc. Las plazas de estacionamiento preferencial en entidades públicas, establecimientos comerciales, etc., incentivarían paralelamente su adquisición.

En lo referente a la infraestructura, se requiere multiplicar puntos de recarga rápida en las rutas y grandes urbes, con incentivos a la instalación de electrolineras equipadas con cargadores rápidos de energía eléctrica. Esto reducirá los costos operativos del usuario respecto a otras alternativas. La tarifa debe ser preferencial y en ningún caso superior a la tarifa normal establecida por el servicio eléctrico.



La barrera de la familiaridad de los usuarios respecto a este tipo de tecnología — que, según Larré Gil (2017), es un factor clave para la demanda de vehículos eléctricos— es salvable a través de programas de información y promoción de la electromovilidad. Los organismos públicos competentes pueden difundir información sobre la tecnología — funcionamiento de los vehículos eléctricos, ofertas, servicios, puntos de recarga, etc.— e impulsar proyectos para validarlos y promover la movilidad sustentable. Al Ministerio de Tecnologías de la Información y Comunicación (MITIC) le cabe un rol importante en estas tareas.

Estas propuestas apuntan a crear un ecosistema preferencial para la electromovilidad. La reducción de impuestos al consumidor, como el IVA, programas de difusión sobre la tecnología de los vehículos eléctricos a través de portales digitales, estacionamientos preferenciales destinados a esos vehículos, y puntos de recarga rápida distribuidos por todo el país son medios para estimular la demanda y mejorar su competitividad, frente a las alternativas existentes.

## **Cuarta sección: Vehículos eléctricos, mercados y baterías de litio**

### **6.10. Oportunidad de negocios: las baterías de litio**

El superávit de energía eléctrica de Paraguay puede impulsar una industrialización intensa, que lo ubicaría al frente de la ola tecnológica, y serviría de base para un desarrollo sostenible y sustentable, que genere empleo de calidad, diversificación económica y protección al medio ambiente.

Se analiza, seguidamente, la posibilidad de construir una cadena de producción de vehículos eléctricos (VE) en América del Sur, que fabrique baterías de litio en Paraguay. Los componentes para ganar presencia en el mercado global de VE ya existen en la región: las materias primas, la electricidad a un precio competitivo, una industria automotriz establecida, integración económica y acuerdos de libre comercio con mercados para este producto.

El mercado mundial de VE está creciendo gracias a factores internos y externos: la subida de los precios del combustible, la preocupación medioambiental, los avances en la

tecnología y la disminución de los costos de VE (Bloomberg Business, 2019). Se estima que los vehículos eléctricos representarán en el 2040 el 55% de todas las ventas de autos nuevos y el 33% de la flota mundial, con 530 millones de unidades en el mundo (Bloomberg New Energy Finance, 2018).

Paraguay y América del Sur pueden participar en esta tendencia global de la industria de electromovilidad, aprovechando las crecientes oportunidades de negocios. Dado el bajo precio y la abundancia de energía renovable —con un superávit anual cercano a los 40.000 GW—, este excedente puede emplearse para crear una cadena de producción. Si adquiriese materias primas de Argentina, Bolivia, Brasil y Chile, Paraguay podría fabricar baterías de iones de litio (o baterías Li-ion), que serían integradas a la industria automotriz de Brasil u otro país de la región.

América del Sur, y en particular el Mercosur, están rezagados en la tendencia global de usar y fabricar VE, lo que es paradójico considerando la robusta industria automotriz en la región, la disponibilidad de materias primas, un mercado local automotriz desarrollado, y la experiencia con fuentes de energía renovables y/o libres de carbón.

### **1) Tipos de VE y mercado global**

En el mercado existen tres tipos que se distinguen por su sistema de propulsión: a) VE de Batería, b) VE Híbridos y c) VE de Pila con combustible de hidrógeno.

Los vehículos eléctricos de batería o vehículos totalmente eléctricos (VE) solo usan baterías como fuente de alimentación, y se valen de enchufes y estaciones para cargarlas.

Los vehículos eléctricos híbridos abarcan dos subtipos: los enchufables y los no enchufables. Los vehículos híbridos enchufables (PHEV, por sus siglas en inglés) constan de una batería y un motor de combustión interna; usan enchufes y estaciones de carga, pero emplean también combustible para sus motores de combustión interna. Los vehículos híbridos no enchufables (VEH) usan motores de combustión interna para recargar la batería.

Finalmente, los vehículos eléctricos de pila con combustible de hidrógeno (FCEV, por sus siglas en inglés) convierten la energía química en electricidad; la combinación más

común es hidrógeno más oxígeno, recargable en estaciones de llenado de hidrógeno (hidrogenera o hidrolinera). Estos FCEV son los menos dañinos al medio ambiente, porque al generar electricidad con hidrógeno, producen menos contaminantes que los vehículos con baterías Li-ion. Del mismo modo que los vehículos con motores de combustión interna con gasolina, pueden recargarse en pocos minutos. Pero son más caros que los VE con baterías de Li-ion, y resulta más difícil encontrar estaciones de llenado de hidrógeno, mientras que los VE pueden recargarse con enchufes comunes (Tskytor, 2019).

En 2018, las regiones de Asia y el Pacífico lideraron a nivel mundial las ventas de los VE, controlando el 60% de ese mercado; Europa ocupó el segundo lugar, con 22% del mercado mundial; y los EEUU quedaron en el tercer lugar (Frost y Sullivan, 2019; Pontes, 2019). En 2017, el mercado fue valorado en USD 118.864,5 millones; y se estima que llegará a USD 567.299,8 millones en 2025, con una tasa de crecimiento anual de 22,3% en el lapso 2018 - 2025 (Pontes, 2019).

Los tres modelos de VE de mayor venta en 2018 fueron el Model 3, de la compañía estadounidense Tesla (más de 145.000 unidades vendidas); el Ec-Series, de la compañía china BAIC (más de 90.000 unidades); y el Leaf, de la compañía japonesa Nissan (con 87.000 unidades vendidas) (Pontes, 2019).

El cuadro siguiente lista los VE de mayor venta en los principales mercados del mundo ese año. La preferencia por la producción local es marcada: en China Continental, los cinco vehículos más vendidos son fabricados por compañías chinas. En Europa, tres de los cinco VE de mayor venta se producen en compañías europeas, y en los EEUU, cuatro de los vehículos de mayor venta salen de industrias estadounidenses. Muchos gobiernos subvencionan los VE para incentivar la industria local y combatir la degradación ambiental.

Cuadro N.º 6.1.

Los cinco vehículos eléctricos de mayor venta (2018).

China	VE Distancia Máxima	Europa	VE Distancia Máxima	Estados Unidos	VE Distancia Máxima
BAIC EC-Series	156-162 km	Nissan Leaf *	241-364 km	Tesla Model 3	354 – 499 km
BYD Qin PHEV*	70 km	Renault Zoe*	220 – 240 km	Toyota Prius Prime PHEV*	40 km
JAC iEVS/E	173 – 213 km	BMW i3	156 km	Tesla Model X	523 km
BYD e5*	220 km	Mitsubishi Outlander PHEV*	54 km	Tesla Model S	385 km
Chery eQ*	200 km	Volkswagen e-Golf	232 km	Chevrolet Volt	61 km

Fuentes: Pontes, 2019, para datos de ventas, y sitios web de las empresas de los vehículos para distancias.

\*Compañías que tienen fábricas en Brasil (Pontes 2019).

El mercado de los VE se encuentra segmentado según: a) el tiempo de recargar la batería; b) la distancia máxima del VE; c) el precio de la batería (Bloomberg Business, 2019). El tiempo para recargar la batería varía según su tecnología y la capacidad de la estación de carga: de 10 horas (con enchufe residencial) a 30 minutos (en una estación *supercharger* de Tesla). La distancia máxima del VE —la que puede recorrer con una carga máxima— difiere, según sean VE de baterías o híbridos, y entre modelos estándares o de larga distancia.

Las distancias máximas de los VE más vendidos en China se ubican en el rango de 70 km a 220 km; los de Europa varían de 54 km a 364 km, y los de mayor mercado en EEUU, en un amplio rango de 61 km a 523 km (modelos Long Range, de Tesla).

Los factores que pesan al elegir un vehículo eléctrico, en comparación con uno convencional, son su alto precio inicial, la competencia de precios del combustible, la distancia máxima y el tiempo de recarga de la batería. Los mayores retos de este mercado se relacionan con el alto costo inicial de los VE, y con limitaciones en rendimiento (Pontes, 2019). Pese a esta diferencia de costos, el ahorro en el uso de electricidad, en comparación con los combustibles convencionales, es importante.

Debe considerarse también la ansiedad de distancia (*range anxiety*) del usuario, su preocupación respecto al kilometraje que puede recorrer hasta recargar el vehículo, considerando cuánto tarda la recarga de batería (hasta 10 horas), y si pueden encontrarse estaciones de carga en el trayecto (comunicación personal con un concesionario de coches en EE.UU.). Debido a este último factor, los VE siguen hoy concentrados en zonas urbanas, y, por ende, su uso puede ampliar brechas de inequidad en acceso a la electricidad (Oxford Institute for Energy Studies 2019).

Las políticas públicas que apoyan la electromovilidad incluyen beneficios tributarios para vehículos con bajas emisiones, subsidios u otras reducciones en el precio, e inversión en la investigación sobre baterías e infraestructura de carga. China continental subvenciona las ventas de VE, bajando sus precios a USD 10.000 (Samson, Carl, 2018).

## **2) Obstáculos y ventajas de la región**

El rezago de América del Sur en el mercado de los VE se debe a que la región subvenciona a productores de combustibles fósiles, existe un fuerte *lobby* del etanol, y los entes recaudadores temen posibles bajas en la captación de impuestos (Alves Fantauzzi, Guilherme, sin fecha). Los gobiernos de Argentina y Brasil no solo subvencionan los combustibles fósiles, sino que, además, financian investigación sobre etanol (Rochabrun, Marcelo, 2019). Los incentivos fiscales favorecen a los motores de combustión interna, y la infraestructura necesaria de estaciones de carga de VE es mínima.

Sin embargo, las ventajas para la transición a la electromovilidad son importantes, incluyendo materias primas, costos de manufactura (bajos impuestos, mano de obra a buen precio, electricidad muy competitiva), e integración económica. Bolivia y Paraguay disponen de gran potencial para desarrollar la industria de VE destinada al mercado local. Esto traería beneficios conexos: emisiones de carbono más bajas para ambos países, independencia energética para Paraguay, y el uso económicamente más ventajoso de su gas natural para Bolivia (Sauer Ildo, *et al.*, 2015).

Ese potencial es aún mayor al considerar que la industria de VE local puede producir vehículos para los mercados locales y globales. Brasil posee la octava industria automotriz

del mundo; y aunque recientemente sufrió un descenso, está preparada para una nueva expansión (International Organization of Motor Vehicle Manufacturers —OICA—, sin fecha). El mercado global de los VE podría ser el detonante de esta recuperación: ya operan en Brasil dos compañías (BYD y Chery) de las cinco empresas líderes de producción de VE en China, tres de las cinco productoras de VE más vendidos en Europa (Mitsubishi, Nissan, y Renault); y una (Toyota) de los cinco VE más vendidos en los EEUU.

En 2018, el Gobierno brasileño adoptó la Rota 2030, un plan de desarrollo que delinea las reglas para la industria automotriz (manufactura e importación) hasta el 2030, incluyendo incentivos tributarios para los VE (Alves Fantauzzi, y Bland, 2019; Confederação Nacional de Municípios, 2018). Cinco modelos VE serían vendidos en el mercado brasileño a fines del año 2019: BMW i3, Nissan Leaf, Renault Zoe y JAC iEV 40 (Dixon, 2019). Ya se producen VE en escala menor y las grandes compañías iniciaron la importación de estos vehículos al país (Mann, 2019).

Proyecciones a largo plazo muestran que el uso de los VE generaría un ahorro energético a ese país. El crecimiento anticipado en el uso de los VE para el transporte personal en Brasil lograría una reducción de 40,7% en el consumo de gasolina, y a un aumento de 31,3% en el uso de electricidad en el 2030, generando un ahorro de 28,9% en el consumo de energía (Baran y Loureiro Legey, 2013).

### **3) Innovaciones tecnológicas en la batería de litio**

Con el crecimiento de la industria de la electromovilidad, se estima que la fabricación de baterías pasará de una capacidad de 131 GWh en 2018, a más de 1.500 GWh en 2030, para alimentar de 20 millones a 22 millones de vehículos eléctricos progresivamente fabricados al año, en el 2030 (Oxford Institute for Energy Studies, 2019). La industria de almacenamiento de energía alcanzaría de este modo un valor de USD 250 billones en 2040 (NEF- New Energy Outlook, 2017).

Las mejoras en la batería y en la tecnología de carga resultan cruciales para la expansión del mercado de la electromovilidad. Una mayor capacidad de batería —superior a

60 KWh— permitirá distancias más largas a estos vehículos, que podrán recorrer 322 kilómetros con una sola carga (Frost y Sullivan, 2019).

Como la capacidad de almacenamiento de las baterías afecta al precio y al funcionamiento de los VE, las investigaciones buscan mejorar los componentes del paquete de baterías y/o la cadena de producción. Las baterías Li-ion actuales tienen una energía específica de 170-200 vatio-horas/kilogramo. Para mejorar la eficiencia, el Departamento de Energía de EE.UU. instaló el Consorcio Battery500, que financia investigaciones para triplicar la energía específica de las baterías Li-ion a 500 vatio-horas por kilogramo, lo que resultaría en una batería más pequeña, ligera y barata (Pacific Northwest National Laboratory, sin fecha).

Una cuestión clave es disminuir el precio de la batería lo suficiente para que sean competitivos los VE, frente al bajo costo de vehículos convencionales. En 2015, el precio de una batería para un automóvil estadounidense de tamaño medio alcanzaba más del 57% del costo total del vehículo. Cuatro años después, en 2019, esa tasa se redujo al 33%. Según Bloomberg, en el 2025 las baterías representarán solo el 20% del costo total del vehículo (Bullard, 2019).

Para competir con los convencionales, los paquetes de baterías para VE deberían bajar a USD 125 - 150 KWh, de los USD 200 KWh actuales (Union of Concerned Scientists, 2018). Se estima que la paridad de precios de VE con los de combustión interna se logrará en Europa en el 2022 (Bullard, 2019).

La creación de una cadena de producción para baterías Li-ion en América del Sur, con mayoría de materias primas de origen local y con baterías producidas con energía renovable de bajo costo en Paraguay, puede coadyuvar a la eficiencia, calidad y competitividad de los precios necesarios al mercado global de VE, hoy en expansión.

#### **4) Producción de baterías**

Las materias primas de una batería Li-ion estándar son el litio, cobalto, grafito, níquel y manganeso o aluminio. El Nissan Leaf y el BMW i3 usan una batería de litio-manganeso (con níquel, manganeso y cobalto, o NMC, por sus siglas en inglés), mientras que Tesla usa

otra de litio-NCA (níquel, cobalto y aluminio). A menudo, el ánodo (el electrodo que pierde los electrones, por donde entra la corriente eléctrica al dispositivo) de una batería Li-ion es recubierto con cobre, y el cátodo (el electrodo que recibe los electrones), con aluminio. Por ende, el cobre es también materia prima para la fabricación de baterías Li-ion.

Casi todas estas materias primas existen en América del Sur, e incluso en el Mercosur. Chile es un gran productor de cobre, pero Argentina, Bolivia y Perú también cuentan con reservas importantes de ese metal. Brasil es el tercer productor mundial de grafito (Stem 7 Capital, 2017) y posee grandes reservas de níquel (al igual que Colombia), y la bauxita necesaria para el aluminio. Argentina, Bolivia, Brasil, Chile y Venezuela poseen depósitos de manganeso. Solo el cobalto debe obtenerse fuera del continente; aunque Chile está renovando su explotación, estancada después de la II Guerra Mundial. Tres países en la región (Argentina, Bolivia y Chile) cuentan con el 54% de las reservas mundiales de litio.

El triángulo de litio, ubicado en los lagos y salares del altiplano (Argentina, Bolivia, Chile) representa el 54% de este metal en el mundo (Dickson, 2018; The Economist, 2017; Fletcher, 2011; U.S. Geological Survey, 2017). Chile produce el 30% del carbonato de litio mundial; Argentina, el 12%, mientras que las reservas bolivianas aún no están explotadas en su potencial (Dickson, 2018). Debe tomarse en cuenta que la extracción de litio compite con el uso de otros servicios del ecosistema, incluso con el turismo, e impacta sobre la flora y la fauna local (OCMAL, 2018).

Para obtener insumos de grado de batería (de calidad alta para ser usados en baterías), las materias deben ser tratadas químicamente y procesadas tras su extracción. Por ende, la cadena de producción para baterías Li-ion presenta retos respecto a las diferentes materias primas, la extracción y los procesamientos posteriores (Oxford Institute for Energy Studies, 2019).

Se torna necesario establecer la rastreabilidad o trazabilidad, y la transparencia, para asegurar la calidad y la sostenibilidad de estos insumos ante el aumento de la producción de VE, que ejerce más presión en la oferta (International Energy Agency, 2019). Actualmente, las políticas públicas de VE se han centrado en el consumidor, por razones ambientales; pero la cadena de producción de baterías Li-ion merece más atención de estas políticas.



## 5) Oportunidades de negocios y de desarrollo

En los EE.UU., el precio de la electricidad vendida a consumidores industriales es USD 0,066/ KWh, más alta que la tarifa básica de USD 0,0283/ KWh para industrias en el Paraguay. Considerando que los paquetes de baterías para el Nissan Leaf requieren unos 59 giga julios de energía para la fabricación y el montaje, esta diferencia en precio representaría un ahorro de USD 26,07/ KWh en electricidad. Esto permitiría a las industrias productoras de baterías alcanzar el costo de USD150/ KWh, colocando en paridad de costo a los vehículos eléctricos respecto a los movidos con combustibles fósiles.

Si en el futuro el precio de energía en Paraguay baja hasta un 55% del actual, las baterías Li-ion serían aún más competitivas (Instituto de Profesionales Paraguayos del Sector Eléctrico (IPPSE), 2019). La deuda de Itaipú —que representa cerca del 60% de la tarifa de electricidad producida por esta represa— estará pagada por completo en el año 2023. Paraguay vende hoy la mayoría de la energía que le corresponde a Brasil, al carecer de demanda interna suficiente para aprovecharla. El superávit anual —unos 40.000 GWh— de electricidad renovable, sin emisiones de carbono, puede invertirse —entre varias opciones— en la producción industrial de baterías Li-ion a precios competitivos.

El desarrollo de una industria paraguaya de baterías Li-ion, basado en el superávit eléctrico y en su ubicación geográfica estratégica —aledaña al triángulo de litio y a la industria automotriz brasileña— beneficiaría a la economía, creando empleos de calidad.

La Gigafactory 1 de Tesla, ubicada en Nevada (EE.UU.), es un buen ejemplo. Se inició en 2014, y con una infraestructura productiva concluida solo en un 30%, esta industria logró una producción anual de 20 GWh de baterías en 2018, y alcanzará los 36 GWh anuales a partir de 2020, suficiente para alimentar 500.000 vehículos (Tesla, sin fecha a).

Su meta es bajar los precios de paquetes de baterías en más del 30%, está abastecida por energía renovable y una vez culminada dará empleo a 6.500 personas (Tesla, sin fecha b). Tesla inició ya la construcción de otra Gigafactory en Shanghái, e instalará próximamente una tercera en Europa.

El superávit energético de Paraguay, la disponibilidad de minerales en la región y una industria automotriz desarrollada en Brasil son condiciones excelentes para establecer una cadena de producción de VE destinada al mercado global y al Mercosur. Las barreras iniciales son el alto capital y el *know-how* requerido, que podrían ser aportados por inversionistas con experiencia en esta industria. Aunque los mayores mercados muestran preferencia por los VE fabricados localmente, los bajos costos de producción en América del Sur la convertirían en una opción interesante.

El reciente acuerdo de libre comercio Mercosur-Unión Europea (UE) puede ser aprovechado por el Paraguay para impulsar una industria local de baterías Li-ion. Esto diversificaría y complejizaría su economía —hoy basada en la exportación de commodities—, y fortalecería paralelamente el Mercosur.

Esta industria impulsaría la innovación tecnológica en otros sectores del mercado paraguayo, proporcionando más empleo y opciones económicas. Entre estas, Paraguay puede reconsiderar planes —clausurados en el pasado— de industrias de procesamiento de aluminio, ya que este metal es una de las materias primas de la fabricación de baterías. El proyecto del año 2010 —no concretado por cuestiones de transparencia en la licitación, entre otros factores— incluía medidas para minimizar los impactos ambientales, financiar la infraestructura de acceso a la energía (necesaria en Paraguay), y construir un parque tecnológico de incubación de otras empresas.

Estas propuestas deberían ser amplia y participativamente analizadas —con alianzas entre emprendedores interesados y la academia, entre otros— y contar con estudios rigurosos de calidad. El Parque Tecnológico de Itaipú, en asociación con empresas privadas, puede apoyar una industria de este tipo, con gran potencialidad.

Los vehículos eléctricos son el futuro del transporte a nivel mundial. Paraguay y América del Sur cuentan con lo necesario para asumir su liderazgo, y que los VE sean más accesibles para más personas. Cuanto antes suceda esto, mayores serán los beneficios para las personas, el desarrollo económico y el medio ambiente.

## 6.11. Conclusiones

La electromovilidad es un desafío estratégico de las políticas públicas en la transición energética, centrada en la electricidad en este Informe. En Paraguay, la tasa de motorización se ha duplicado recientemente pero también se tiende a la obsolescencia del transporte público y privado. El sector transporte consume el 93% del total de los productos derivados de petróleo, importados en su totalidad, y el transporte carretero es responsable de la emisión del 99,3% de las emisiones totales de CO<sub>2</sub> del sector, en emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) nocivas al ambiente y salud de las personas.

La transición a los vehículos eléctricos (VE) es una estrategia eficiente para reducir estas crecientes emisiones de CO<sub>2</sub> y la dependencia de los hidrocarburos importados con lo cual se lograría mejor efecto ambiente y mayor previsibilidad en la balanza comercial nacional deviniendo en un atractivo de las inversiones, respectivamente. Un VE es superior a otro convencional, o de combustión interna, en eficiencia del tipo de motor y el menor costo de la energía frente a los derivados de petróleo.

Diversos estudios han demostrado los impactos favorables sobre el consumo y la matriz energética por la evolución del parque automotor hacia la electromovilidad, siguiendo lo establecido en el PND 2030 y los ODS 7 y 11, principalmente. Con este año horizonte, lograr la meta propuesta por el PND 2030 requiere incorporar 137.013 vehículos eléctricos, reemplazando idéntica cantidad de los convencionales. El impacto en la matriz energética nacional puede cuantificarse en una reducción de dos puntos porcentuales en el consumo de hidrocarburos, y un aumento de dos puntos porcentuales en el de energía eléctrica. Estas tasas generarán una disminución de 20 puntos porcentuales en las emisiones de CO<sub>2</sub>,

En el escenario de un importante incremento de la flota vehicular eléctrica, las redes de distribución de energía eléctrica soportarán un aumento significativo de las cargas. Por lo cual, la gestión estratégica del consumo establecerá un horario de recarga de VE que serán conectados al sistema de distribución existente, para mejorar el factor de carga. Asimismo, el VE es tres veces más eficiente en consumo energético que uno convencional de motor a diésel y cuatro veces más que uno movido a gasolina. Los VE tienen un menor costo en su vida útil que los convencionales pero con una diferencia significativa en el momento de

compra, especialmente su batería de litio. Este obstáculo podría subsanarse con incentivos fiscales.

Según estudios, Paraguay y Bolivia pueden convertirse en países líderes en electromovilidad a nivel mundial, combinando la capacidad de generación de electricidad limpia (hidroelectricidad) del Paraguay con la reserva de litio de Bolivia. Estos valiosos recursos, aprovechados en forma conjunta, favorecerían una exitosa transición energética en el transporte, ya descontados otros costos.

Entre los efectos ambientales favorables se halla la calidad del aire definida por el grado de presencia de sustancias contaminantes en su composición, medido por el Índice de Calidad del Aire (ICA). Por otra parte, las emisiones de GEI sufrieron en Paraguay un incremento del 76% entre 2005 y 2013: el mayor volumen de esas emisiones de GEI per cápita en el país proviene del sector transporte.

Las políticas públicas en el sector transporte pueden impulsar la transición energética que también es tecnológica, ya que actúan como catalizadoras de la demanda. Entre los objetivos de la Política Energética Paraguay 2040 se incluye ampliar la participación de la electricidad en los sectores de consumo, con criterios de eficiencia técnica y económica. El Estado ya cuenta con programas, por ejemplo, para cambiar la flota vehicular de la ANDE para el área metropolitana de Asunción mientras que la Itaipú Binacional ha adquirido VE y el Banco Central del Paraguay también tiene planes al respecto. Esto constituye un estímulo a la familiaridad con esta tecnología, factor también relevante y que puede adelantar el punto de inflexión de la movilidad eléctrica en la transición hacia su predominancia en el parque automotor.

Esta transición, parte del desarrollo sostenible, implica un importante y heterogéneo conjunto de instituciones y actores, técnicos, políticos y económicos, en una Mesa de Electromovilidad que no se halla cerrada. Con el superávit de energía eléctrica de Paraguay se tiene la posibilidad de construir una cadena de producción de VE en América del Sur, que fabrique baterías de litio en Paraguay. Los componentes para ganar presencia en el mercado global de VE ya existen en la región: materias primas, electricidad a un precio competitivo, una industria automotriz establecida, integración económica y acuerdos de libre comercio

con mercados para este producto. Paralelamente, el mercado mundial de VE está creciendo gracias a factores internos y externos como la subida de los precios del combustible, la preocupación medioambiental, los avances en la tecnología y la consiguiente disminución de los costos del VE.

América del Sur, y en particular el Mercosur, están rezagados en la tendencia global de usar y fabricar VE, lo que es paradójico considerando la robusta industria automotriz en la región, la disponibilidad de materias primas, un mercado local automotriz desarrollado, y la experiencia con fuentes de energía renovables y/o libres de carbón.

El rezago de América del Sur en el mercado de los VE se debe a la subvención a productores de combustibles fósiles, un fuerte *lobby* del etanol, y el temor de los entes recaudadores a posibles bajas en la captación de impuestos. No obstante, se han llevado a cabo avances y estimaciones en Brasil.

Con el crecimiento de la industria de la electromovilidad, se estiman demandas elevadas en la fabricación de baterías como en la industria de almacenamiento de energía. Las mejoras en la batería y en la tecnología de carga resultan cruciales para la expansión del mercado. Una cuestión clave de los VE es disminuir el precio de la batería lo suficiente para que sean competitivos frente al bajo costo de los convencionales.

La creación de una cadena de producción para baterías Li-ion en América del Sur, con mayoría de materias primas de origen local y con baterías producidas con energía renovable de bajo costo en Paraguay puede coadyuvar a la eficiencia, calidad y competitividad de los precios necesarios al mercado global de VE, hoy en expansión.

Casi todas las materias primas de una batería Li-ion estándar existen en América del Sur, e incluso en el Mercosur. Se torna necesario establecer la rastreabilidad o trazabilidad, y la transparencia, para asegurar la calidad y la sostenibilidad de estos insumos ante el aumento de la producción de VE.

El desarrollo de una industria paraguaya de baterías Li-ion beneficiaría a la economía, creando empleos de calidad. Asimismo, la disponibilidad de minerales en la región y una industria automotriz desarrollada en Brasil son condiciones excelentes para establecer una cadena de producción de VE destinada al mercado global y al Mercosur. Las barreras

iniciales son el alto capital y el *know-how* requerido, que podrían ser aportados por inversionistas con experiencia en esta industria.

La misma impulsaría la innovación tecnológica en otros sectores del mercado paraguayo, proporcionando más empleo y opciones económicas. Estas propuestas deberían ser amplia y participativamente analizadas y contar con estudios rigurosos de calidad. El Parque Tecnológico de Itaipú, en asociación con empresas privadas, puede apoyar una industria de este tipo, con gran potencialidad.

Los VE son el futuro del transporte a nivel mundial. Paraguay y América del Sur cuentan con lo necesario para asumir su liderazgo, y que los VE sean más accesibles para más personas. Cuanto antes suceda esto, mayores serán los beneficios para las personas, el desarrollo económico y el ambiente.

En resumen, la electromovilidad se constituye en un desafío estratégico de las políticas públicas en la transición energética, Se trata de mayor celeridad, consistencia y apoyo a decisiones y políticas tanto para el sector público como para el privado. Esta orientación presenta ventajas económicas de ahorro de divisas, relativa independencia de *shocks* externos y estabilidad financiera, así como importantes beneficios ambientales y en la salud de la gente, entre otros factores. Energía abundante y barata, materias primas en países vecinos o cercanos, geografía propicia, etc., favorecen necesarios proyectos de industrialización vinculados a esta línea de política con sus correspondientes oportunidades de negocio en el área, como en toda esta política de electromovilidad.