

Evaluación y Planificación del Sector Energético del Paraguay: Vías de Descarbonización



 COLUMBIA CLIMATE SCHOOL
THE EARTH INSTITUTE

 Columbia Center
on Sustainable Investment
A JOINT CENTER OF COLUMBIA LAW SCHOOL
AND THE EARTH INSTITUTE, COLUMBIA UNIVERSITY

 COLUMBIA | ENGINEERING
The Fu Foundation School of Engineering and Applied Science

 crece

 SUSTAINABLE DEVELOPMENT
SOLUTIONS NETWORK
A GLOBAL INITIATIVE FOR THE UNITED NATIONS

 BANCO DE DESARROLLO
DE AMÉRICA LATINA



Noviembre de 2021

 REPUBLICA DEL PARAGUAY

**TETĀ VIRU
MOHENDAPY**
Motenondeha

Ministerio de
HACIENDA

Cita Sugerida

Columbia Center on Sustainable Investment (CCSI), Quadracci Sustainable Engineering Lab at Columbia University y Centro de Recursos Naturales, Energía y Desarrollo (CRECE). *Evaluación y Planificación del Sector Energético del Paraguay: Vías de Descarbonización*. Nueva York: CCSI, octubre de 2021, <http://ccsi.columbia.edu/content/paraguay-energy>.

Ministerio de Hacienda

Óscar Llamosas Díaz, Ministro de Hacienda
Iván Haas, Viceministro de Economía

Autores y Equipo de Proyecto

Sustainable Development Solutions Network Project Leads

Jeffrey D. Sachs
James Spalding

Columbia Center on Sustainable Investment (CCSI)

Perrine Toledano
Martin Dietrich Brauch
Bryan Michael Sherrill

Quadracci Sustainable Engineering Lab at Columbia University

Vijay Modi
Yinbo Hu
Yuezi Wu

Centro de Recursos Naturales, Energía y Desarrollo (CRECE)

Daniel Ríos Festner
Victorio Oxilia
Cecilia Llamosas
Martín Oviedo Pascottini
Diana Valdéz Barboza
Estela Riveros
Matías Sacco

El presente trabajo fue financiado en el marco de una Cooperación Técnica no Reembolsable del Banco de Desarrollo de América Latina (CAF) para el Ministerio de Hacienda del Paraguay.

Agradecimientos

Los autores desean reconocer las enormes contribuciones de otros miembros del equipo del proyecto: Al Prof. **Jeffrey D. Sachs** y **James Spalding**, por su liderazgo intelectual, y a **Juan Pablo Nogués**, Asesor Externo del Ministro de Hacienda, por su papel de coordinación como enlace con el Ministerio de Hacienda de Paraguay. Los tres han proporcionado aportaciones y comentarios invaluable a lo largo del proyecto.

Los autores también desean agradecer a las siguientes instituciones y organizaciones que nos proporcionaron información valiosa durante nuestras consultas: **Ministerio de Hacienda**, **Administración Nacional de Electricidad** (ANDE), **Viceministerio de Minas y Energía** (VMME) e **Instituto Forestal Nacional** (INFONA).

Los autores también agradecen los comentarios recibidos de los expertos individuales entrevistados a título personal durante el período de consulta: **Gabriela Mesquita**, **Gerardo Blanco**, **Héctor Richer** y **Víctor Romero**.

Por favor, cite como

Columbia Center on Sustainable Investment (CCSI), Quadracci Sustainable Engineering Lab de la Universidad de Columbia y Centro de Recursos Naturales, Energía y Desarrollo (CRECE). Vías de Descarbonización del sector Energético de Paraguay. Nueva York: CCSI, septiembre de 2021, <http://ccsi.columbia.edu/content/paraguay-energy>

Acerca de los autores institucionales

El **Centro de Inversión Sostenible de Columbia (CCSI)** es un centro conjunto de la Facultad de Derecho de Columbia y el Instituto de la Tierra de la Universidad de Columbia, y el único centro de investigación aplicada con sede en una universidad y un foro dedicado al estudio, la práctica y el debate de la inversión internacional sostenible. El CCSI integra conocimientos jurídicos, económicos y políticos, y aborda la inversión sostenible de forma holística, tendiendo un puente entre el derecho de las inversiones, la gestión de los recursos naturales, los derechos humanos, la economía, la economía política y la gestión medioambiental. Lleva a cabo investigaciones rigurosas, proporciona análisis de políticas y servicios de asesoramiento, ofrece programas educativos, desarrolla herramientas y recursos, y fomenta el diálogo entre múltiples partes interesadas y el intercambio de conocimientos entre los responsables políticos, los defensores del desarrollo, los académicos, los líderes empresariales y las partes interesadas de la comunidad. El CCSI trabaja para fortalecer el potencial de desarrollo sostenible de la inversión internacional y para garantizar que la inversión internacional sea mutuamente beneficiosa para los inversores y los ciudadanos de los países receptores. Más información en <http://ccsi.columbia.edu>.

El **Laboratorio de Ingeniería Sostenible de Quadracci (QSEL)**, dependiente de la Facultad de Ingeniería y Ciencias Aplicadas y del Instituto de la Tierra (ahora Escuela del Clima) de la Universidad de Columbia, utiliza enfoques de ingeniería y ciencias sociales para ayudar a resolver problemas de energía e infraestructuras en diversos países. Con una mentalidad orientada a la resolución de problemas, su equipo de ingenieros trabaja con análisis, instrumentación, mediciones, imágenes de satélite y datos públicos para ayudar en el diseño, la planificación y el funcionamiento de los sistemas de energía e infraestructuras. Las principales áreas de investigación de QSEL se engloban en dos temas: en primer lugar, el acceso a la energía, la energía para el crecimiento y los usos productivos, la planificación de recursos/infraestructuras para el acceso y la integración de las renovables, la previsión de la demanda y el papel de los sistemas de pago innovadores para romper las barreras de los costos iniciales; y en segundo lugar, la descarbonización de los sistemas energéticos, la electrificación del calor/transporte, la digitalización y el almacenamiento térmico y de baterías. Más información en <https://qsel.columbia.edu>.

El **Centro de Recursos Naturales, Energía y Desarrollo (CRECE)** es un think tank multidisciplinar con sede en Asunción, Paraguay, dedicado a diseñar y desarrollar soluciones a problemas públicos en el ámbito de la energía, la movilidad sostenible, la gobernanza de los recursos naturales y el desarrollo. Nuestro equipo busca proporcionar evidencias y herramientas relevantes para las políticas a los tomadores de decisiones y actores del sector público y privado, involucrando también a la sociedad civil en la discusión de temas de alto interés público. El equipo del CRECE está formado por profesionales con una sólida formación técnica y experiencia en la prestación de asesoramiento orientado a la política y la práctica y en la gestión de proyectos de investigación y desarrollo relevantes para la política. El grupo tiene una amplia experiencia en ingeniería eléctrica, industrial y electromecánica, economía, derecho, política y políticas públicas y trabaja en colaboración con el Grupo de Investigación en Sistemas Energéticos (GISE) de la Universidad Nacional de Asunción. Para saber más, visite www.creceparaguay.org.

Índice

Lista de figuras	8
Lista de tablas	9
Lista de Cuadros	10
Lista de acrónimos y abreviaturas	11
1. Vías para descarbonizar el sector de la demanda energética: Una visión general	12
1.1 Objetivos y alcance.....	12
1.2 Tendencias en el desarrollo energético	13
1.2.1 Tendencias internacionales	13
1.2.2 Tendencias nacionales en Paraguay.....	13
1.2.3 Emisiones de gases de efecto invernadero en Paraguay.....	14
1.3 Escenarios de cambio a gran escala.....	19
1.3.1 Emisiones de gases de efecto invernadero	21
1.3.2 Demanda de energía	22
1.3.3 Demanda por tipo de combustible.....	25
1.3.4 Demanda de electricidad.....	27
1.4 Retos sectoriales para descarbonizar el perfil de la demanda energética.....	28
1.4.1 Sector eléctrico.....	29
1.4.2 Soluciones a la escasez de oferta en picos de demanda.....	30
1.4.3 Construcción y eficiencia energética	31
1.4.4 Uso del suelo y sector de la biomasa	31
1.4.5 Sector del transporte.....	31
1.4.6 Financiación de la descarbonización.....	32
1.5 Recomendaciones para todos los sectores y niveles de gobierno.....	32
2. El sector eléctrico en Paraguay.....	45
2.1 Situación actual	45
2.1.1 Capacidad y fuentes de energía	45
2.2 Suministro doméstico.....	46
2.2.1 Demanda	46
2.2.2 Costo y precio de la electricidad	48
2.3 Problemas del sector eléctrico	51
2.3.1 Problemas técnicos	51
2.3.2 Pérdidas no técnicas / comerciales.....	54
2.3.3 Limitaciones institucionales.....	58
2.4 Inversiones previstas y estrategia energética	60
2.4.1 Plan Maestro de Generación 2021–2040 de la ANDE, Planes Maestros de Transmisión y Distribución 2021–2030 y Plan Maestro de Información y Telecomunicaciones 2021– 2025.....	60
2.4.2 Proyecciones de la demanda de electricidad	65
2.5 Soluciones para el sector eléctrico	70

2.5.1	Soluciones institucionales.....	70
2.5.2	Enfoque técnico.....	75
2.6	Conclusiones y recomendaciones para el sector eléctrico – Resumen.....	81
3.	Cómo cubrir los picos de demanda de forma rentable	84
3.1	El problema de los picos de demanda en Paraguay	84
3.2	Inversión nacional necesaria para cubrir la demanda máxima de forma rentable	84
3.2.1	Supuestos.....	85
3.2.2	Entradas.....	87
3.2.3	Resultados.....	87
3.3	Retos y resultados de la conexión regional	93
3.3.1	Supuestos.....	94
3.3.2	Entradas.....	95
3.3.3	Resultados.....	96
3.4	Estudio de caso para la región del Cono Sur: Marco de interconexión regional SIEPAC	99
3.4.1	Antecedentes.....	100
3.4.2	Marco.....	102
3.4.3	Ejemplos de países	103
3.4.4	Lecciones aprendidas	103
3.4.5	Pasos adelante.....	104
3.5	Recomendaciones para cubrir de forma rentable la demanda de energía	104
4.	Eficiencia energética y sector de la construcción	106
4.1	Situación actual	106
4.1.1	Eficiencia energética	106
4.1.2	Sector de la construcción.....	107
4.2	Soluciones institucionales para la mejora de la eficiencia crítica	109
4.3	Soluciones para el sector de la construcción.....	112
4.3.1	Código Nacional de Eficiencia de los Edificios	113
4.3.2	Nueva estrategia de construcción	113
4.3.3	Estrategia del edificio existente.....	114
4.3.4	Electrodomésticos de alta eficiencia energética	114
4.4	Recomendaciones.....	116
5.	El sector de la biomasa en Paraguay	117
5.1	Situación actual	118
5.1.1	Biomasa industrial	121
5.1.2	Biomasa residencial	124
5.2	Problemas en torno a la biomasa	125
5.2.1	Precios bajos para la biomasa	125
5.2.2	Problemas de deforestación	126
5.2.3	Mala aplicación de la ley	128
5.3	Soluciones para el sector de la biomasa.....	131
5.3.1	Iniciativas actuales para frenar la deforestación y acelerar la reforestación.....	131

5.3.2	Mejoras en el consumo industrial	133
5.3.3	Mejoras en la cocina limpia	135
5.4	Recomendaciones para el sector de la biomasa	136
6.	El sector del transporte en Paraguay.....	138
6.1	Tendencias de los combustibles fósiles importados	138
6.2	Transporte eléctrico	141
6.2.1	Vehículos privados.....	141
6.2.2	Trenes eléctricos	143
6.2.3	Transporte público urbano.....	144
6.3	Vías para un transporte descarbonizado	145
6.3.1	Reducir la dependencia del coche privado y aumentar la del transporte público	146
6.3.2	Vehículos eléctricos	146
6.3.3	Producción ecológica de hidrógeno	156
6.3.4	Producción de biocombustibles	160
6.4	Resumen de conclusiones y recomendaciones.....	165
7.	Cómo financiar la descarbonización	168
7.1	Gestión de las finanzas públicas: Marco jurídico	168
7.2	Problemas en la administración de los ingresos	170
7.2.1	Recaudación de ingresos	170
7.2.2	Gastos recurrentes	173
7.2.3	Participación del público	175
7.3	Financiación de la descarbonización: Soluciones.....	175
7.3.1	Aprovechamiento del ahorro en el sector eléctrico	175
7.3.2	Incentivar la participación del sector privado en el sector eléctrico	177
7.3.3	Mejora del marco normativo para las finanzas sostenibles	180
7.3.4	Implementación de la tarificación del carbono adaptada a Paraguay	183
7.3.5	Evaluación del espacio fiscal para la emisión de bonos en el período posterior a COVID-19.....	185
7.3.6	Preparar la economía para aprovechar el potencial de crecimiento de la economía verde.....	188
7.4	Resumen de conclusiones y recomendaciones.....	188

Lista de figuras

Figura 1: Consumo de energía final por fuente (%), 1990–2019	15
Figura 2: Consumo de energía final por fuente (miles de toneladas métricas equivalentes de petróleo [kTOE]), 1990–2019.....	15
Figura 3: Potencial de calentamiento global para todos los sectores en el punto de emisión por sector en %, 2015.....	16
Figura 4: Emisiones totales de GEI per cápita, excluyendo el cambio de uso del suelo y la silvicultura (tCO ₂ e) (Sólo países con emisiones de GEI per cápita superiores a 4 tCO ₂ e)	17
Figura 5: Potencial de calentamiento global de los sectores de uso de la energía en el punto de emisión por sector en %, 2018.....	18
Figura 6: Potencial de calentamiento global a 20 años (políticas declaradas), crecimiento económico fijo	19
Figura 7: Potencial de calentamiento global a 20 años (escenarios 1, 2 y 3), sectores de uso de la energía	21
Figura 8: Demanda de energía por sectores (en kTOE).....	24
Figura 9: Participación de la demanda de energía por sector según el escenario en 2050 (Escenario 1 interior, Escenario 2 medio, Escenario 3 exterior).....	25
Figura 10: Tipo de fuente de energía Porcentaje de la demanda de energía en 2050 por escenario	26
Figura 11: Demanda de energía por tipo de combustible (en kTOE).....	27
Figura 12: Demanda de electricidad por sectores (en GWh).....	28
Figura 13: Participación de la demanda de electricidad por sectores según el escenario en 2050 (Escenario 1 interior, Escenario 3 exterior).....	28
Figura 14: Consumo de electricidad en Paraguay comparado con la región (2017)	47
Figura 15: Carga máxima y factor de carga	48
Figura 15: Costo global de la electricidad: 362,2 PYG/kWh o 0,056 USD/kWh en 2019.....	49
Figura 16: Promedio anual de ventas de electricidad y pérdidas de distribución por porcentaje (2009–2014)	52
Figura 17: Número medio de cortes de electricidad anuales y duración estimada en Asunción	56
Figura 18: Costo de la generación prevista a lo largo del tiempo (eje izquierdo: MW, eje derecho: millones de dólares)....	62
Figura 19: Proyecciones de crecimiento de la demanda máxima de la ANDE	66
Figura 20: Comparación del porcentaje de energía no suministrada (ENS) por escenario	69
Figura 21: Frecuencia de fallos en el suministro eléctrico para la demanda máxima.....	70
Figura 22: Ahorro potencial de explotación y mantenimiento por sector de servicios públicos.....	78
Figura 23: Zonas de carga del sistema eléctrico de Paraguay	86
Figura 24: Mezcla de energía en la carga máxima (capacidad existente)	88
Figura 25: Mezcla de energía en el pico de carga (escenario de crecimiento base).....	89
Figura 26: Capacidad de la red de transporte a 1,5 veces la carga de 2019.....	90
Figura 27: Combinación de energía en la carga máxima (con almacenamiento de hielo en rosa).....	91
Figura 28: Transmisión regional de energía en la región SIESUR (2019).....	93
Figura 29: Estructura del mapa nodal del modelo SimSEE	94
Figura 30: Superposición de la banda de carga en la curva de carga semanal decreciente.....	95
Figura 31: Ubicación del SIEPAC	101
Figura 32: Transacciones anuales de energía en el SIEPAC	101
Figura 33: Estructura organizativa del MER (en amarillo)	102
Figura 34: Fuentes de consumo de energía en Paraguay y países vecinos en 2018	118
Figura 35: Consumo energético de electricidad y leña en Paraguay en TJ.....	119
Figura 36: Consumo de biomasa por sectores (2019) y fuentes (2019).....	120
Figura 37: Consumo de combustible de madera por sectores (2019).....	121
Figura 38: Consumo de energía por el sector industrial (2000–2018).....	122
Figura 39: Porcentaje de la demanda energética total del sector industrial por subsector	123
Figura 40: Desglose de la población por porcentaje de consumo de combustible para cocinar, 2017.....	125
Figura 41: Tasas de deforestación a lo largo del tiempo	127
Figura 42: Cobertura forestal frente al crecimiento de la población y el aumento asociado de la demanda de madera ..	128
Figura 43: Importación de energía por fuente (%), 1990–2019	138
Figura 44: Proporción del consumo total de combustibles fósiles por tipo de vehículo (2011)	139
Figura 45: Propiedad de vehículos por tipo y departamento (2020)	141
Figura 46: Comparación del costo de los vehículos eléctricos y de los vehículos con motor de combustión interna en Paraguay.....	149

Figura 47: Desglose de los costos asociados a los vehículos eléctricos y a los de combustión interna (en libras esterlinas), 2020.....	151
Figura 48: Costos anuales de un autobús eléctrico frente a un autobús ICE en Asunción en USD	153
Figura 49: Comparación de los costos de inversión y explotación (valores actuales netos), Asunción (6692 autobuses) .	154
Figura 50: Esquema de integración del hidrógeno	157
Figura 51: Principales cultivos de Paraguay: Producción y superficie cosechada, 2019/2020	160
Figura 52: Evolución de la producción de bioetanol en Paraguay, 2005–2016.....	161
Figura 53: Tipos impositivos en Paraguay y en los países de la región (en %)	171
Figura 54: Relación entre impuestos y PIB en Paraguay y países vecinos (en % del PIB).....	171
Figura 55: Rango percentil para países sudamericanos seleccionados según los indicadores de gobernanza del Banco Mundial, 2019	174

Lista de tablas

Tabla 1: Cambio porcentual en la producción de emisiones de GEI por escenario	21
Tabla 2: Ahorro de energía por sector como porcentaje de la demanda energética del sector.....	23
Tabla 3: Resumen de las recomendaciones del informe por sectores	39
Tabla 4: Fuentes de energía de Paraguay, 2019	45
Tabla 5: Suministro de electricidad.....	46
Tabla 6: Demanda de electricidad.....	46
Tabla 7: Costos globales de la electricidad vendida en 2019	49
Tabla 8: Estructura tarifaria	50
Tabla 9: Estructura de la tarifa social y beneficiarios	51
Tabla 10: Infraestructura de transmisión de electricidad en Paraguay, 2020–2030	51
Tabla 11: Pérdidas de transporte a partir de 2021–2030	54
Tabla 12: Pérdidas medias del sistema en porcentaje (2014–2018)	54
Tabla 13: Tipos de pérdidas no técnicas detectadas, 2019	55
Tabla 14: Impacto de las restricciones eléctricas en las empresas.....	57
Tabla 15: Preguntas relacionadas con la electricidad de la Encuesta de Empresas 2017.....	58
Tabla 16: Proyectos de generación de electricidad previstos por la ANDE 2021–2040 por región de explotación	61
Tabla 17: Proyectos de generación de electricidad necesarios a desarrollar por el IPPSE.....	67
Tabla 18: Resumen de los escenarios del modelo SimSEE	68
Tabla 19: Estructura tarifaria de Pliego 21 para la energía en punta y fuera de punta y la energía de reserva	80
Tabla 20: Zonas de carga del sistema eléctrico de Paraguay.....	86
Tabla 21: Resumen de datos para los escenarios de mercado abierto	97
Tabla 22: Probabilidad de no suministrar energía para la demanda máxima en 2050 (mercado cerrado frente a mercado abierto).....	98
Tabla 23: Inversiones por escenario.....	99
Tabla 24: Ordenanza de la ciudad de Asunción Desgravación Fiscal para las Construcciones.....	108
Tabla 25: Acciones del sector de la construcción en el PNEE	109
Tabla 26: Puntuación RISE de Paraguay: Global, 2019	111
Tabla 27: Puntuación RISE de Paraguay para la energía renovable y la eficiencia energética, 2019.....	111
Tabla 28: Costo medio de la leña.....	125
Tabla 29: Tasa anual de ganancia o pérdida de superficie forestal durante un período determinado	126
Tabla 30: Alternativas más competitivas que la CAC a determinados precios de la electricidad	134
Tabla 31: Volumen de tráfico por modo (2020)	145
Tabla 32: Objetivos del parque de vehículos para el escenario 3 Objetivos por tipo de combustible.....	147
Tabla 33: Emisiones de GEI en el sector del transporte para el escenario 3 por subsector (en miles de toneladas de CO ₂ e).....	147
Tabla 34: Supuestos del análisis original de autobuses ICE vs. EV	151
Tabla 35: Principales características de la Ley de Responsabilidad Fiscal	170
Tabla 36: Papel de la regulación financiera en la descarbonización.....	181

Lista de Cuadros

Cuadro 1: Estadísticas recientes del sector eléctrico de Paraguay.....	29
Cuadro 2: Proyectos más importantes de desarrollo de la red eléctrica durante el periodo 2013–2018.....	53
Cuadro 3: Cómo frenar las pérdidas de la distribución en Brasil	72
Cuadro 4: Eficiencia del contrato de gestión en Haití	73
Cuadro 5: Alcance de la educación en Perú	75
Cuadro 6: Programa de control directo de la carga en Vietnam y en Estados Unidos.....	79
Cuadro 7: Precios dinámicos en Estados Unidos.....	81
Cuadro 8: Oficina de Eficiencia Energética de la India.....	110
Cuadro 9: Instalación de agua termal como servicio de valor añadido en Colombia.....	112
Cuadro 10: Cinco principios científicos para un edificio pasivo	113
Cuadro 11: Leyes/reglamentos forestales e instituciones responsables.....	129
Cuadro 12: Directrices del Banco Central para un sistema A&S en las IF	181
Cuadro 13: Costa Rica: Reciclaje del impuesto sobre los combustibles en una asignación fiscal para proteger los bosques	184

Lista de acrónimos y abreviaturas

AC	Aire acondicionado
ACEPAR	Aceros del Paraguay
ANDE	Administración Nacional de Electricidad
BRT	Tránsito rápido en autobús
CAF	Banco de Desarrollo de América Latina
CRECE	Centro de Recursos Naturales, Energía y Desarrollo
DR	Respuesta a la Demanda
BEI	Banco Europeo de Inversiones
EVE	Vehículo eléctrico
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación
FEPASA	Ferrocarriles del Paraguay S.A.
FONACIDE	Fondo Nacional de Inversión Pública y Desarrollo
PIB	Producto Interno Bruto
GHG	Gases de efecto invernadero
GWh	Gigavatios hora
ICE	Motor de combustión interna
ICT	Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC)
BID	Banco Interamericano de Desarrollo
AIE	Agencia Internacional de la Energía
IFC	International Finance Corporation
INFONA	Instituto Forestal Nacional
IPP	Productor de energía independiente
IPPSE	Instituto Paraguayo de Profesionales del Sector Eléctrico
IRENA	Agencia Internacional de Energías Renovables
kV	Kilovoltio
kWh	Kilowatt Hora
LEAP	Plataforma de análisis de bajas emisiones
MAG	Ministerio de Agricultura y Ganadería
MW	Megavatio
MWh	Megavatios hora
NDC	Contribución Nacionalmente Determinada
VAN	Valor actual neto
PY-RAM	Modelo de Adecuación de Recursos Energéticos de Paraguay
SIESUR	Sistema de Integración Energética del Sur
SME	Pequeñas y medianas empresas (Pimes)
TOE	Toneladas métricas equivalentes de petróleo
TWh	Teravatio hora
VMME	Viceministerio de Minas y Energía

1. Vías para descarbonizar el sector de la demanda energética: Una visión general

1.1 Objetivos y alcance

La energía hidroeléctrica es la principal fuente de generación de electricidad de Paraguay y una de sus principales exportaciones. Para aprovechar al máximo su gran dotación de energía renovable, Paraguay necesita una red de transmisión resistente, un sistema de distribución eficiente, un marco de políticas públicas adecuado y un mercado eléctrico sudamericano integrado, entre otras reformas. Además, por estar basada en la energía hidroeléctrica, la generación de electricidad del país es vulnerable a los efectos del cambio climático¹.

Ante estos retos, en 2012 el Gobierno de Paraguay pidió al Instituto de la Tierra de la Universidad de Columbia que analizara cómo podía aprovechar Paraguay su potencial hidroeléctrico para el desarrollo sostenible. El informe resultante², publicado en 2013, sugería cómo Paraguay podría utilizar su exceso de electricidad para diversificar su economía y reducir su dependencia de los combustibles fósiles.

Si bien Paraguay ha abordado desde entonces algunos de los desafíos identificados, aún queda por hacer para mejorar el sistema eléctrico del país y desbloquear su desarrollo económico. En vista de la próxima renegociación del Anexo C del Tratado de Itaipú, el Gobierno de Paraguay constituyó mediante el Decreto N° 3173/2019 un equipo de negociación interministerial, compuesto por grupos de trabajo encargados de estudiar los asuntos relacionados con las renegociaciones para prepararlas. Con el mismo espíritu, el gobierno ha solicitado al profesor Jeffrey Sachs y a su equipo, como asesores técnicos del equipo negociador, la revisión del estudio de 2013, que se realiza en el presente informe, con el apoyo del *Banco de Desarrollo de América Latina* (CAF).

Este informe integra los resultados de tres modelos energéticos con los hallazgos de la revisión de la literatura y las entrevistas a expertos para proporcionar recomendaciones para que Paraguay reduzca las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) para cumplir con sus compromisos de cambio climático en el marco del Acuerdo de París mediante la descarbonización de los sectores de uso de energía del país para el año 2050 a través de la electrificación de carbono cero en toda la economía, las

¹ Según el índice ND-GAIN, en 2019 Paraguay ocupa el puesto 95 de 181 naciones. Viceministerio de Minas y Energía (VMME) y Agencia Internacional de Energías Renovables (IRENA), *Aporte a la Contribución Nacionalmente Determinada Mejorada de la República de Paraguay* (IRENA, 2021), https://www.ssme.gov.py/vmme/pdf/RRA/NDC%20Note_Paraguay_IRENA_ESJun21.pdf; también disponible en inglés: Vice Ministry of Mines and Energy (VMME) and International Renewable Energy Agency (IRENA), *Input to the Enhanced Nationally Determined Contribution of the Republic of Paraguay* (IRENA, 2021), https://www.ssme.gov.py/vmme/pdf/RRA/NDC%20Note_Paraguay_IRENA_ENJun21.pdf

² Perrine Toledano, Nicolas Maennling, Jose Acero, Sebastien Carreau, Charlotte Gauthier y Paloma Ruiz, *Leveraging Paraguay's Hydropower for Sustainable Economic Development* (Nueva York: Columbia Center on Sustainable Investment [CCSI], 2013), <http://ccsi.columbia.edu/work/projects/leveraging-paraguays-hydropower-for-sustainable-economic-development>.

ganancias masivas de eficiencia energética, los cambios de comportamiento y las reformas institucionales³. Entender lo que se necesita para que Paraguay se descarbonice informará las opciones políticas que rodean la renegociación de las tarifas, entre otras cuestiones en juego en la renegociación del Anexo C.

1.2 Tendencias en el desarrollo energético

1.2.1 Tendencias internacionales

Con 191 países que han ratificado el Acuerdo de París⁴, el mundo se ha comprometido a la descarbonización, y las tecnologías están apoyando este cambio. Desde el estudio de 2013, los costos de la tecnología de la energía solar y eólica han bajado drásticamente y ahora son competitivos con los combustibles fósiles sobre una base no subvencionada. A nivel mundial, las tecnologías de transporte basadas en la electricidad y las energías renovables han visto disminuir sus costos y aumentar su uso, y se espera que se aceleren aún más a medida que los países traten de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) para cumplir con el Acuerdo de París. En el sector del transporte público, los autobuses eléctricos ya tienen precios competitivos, y las previsiones estiman que, para 2030, el 84% de las ventas mundiales de autobuses serán eléctricas. Los precios de los vehículos eléctricos ligeros han bajado y se prevé que las ventas mundiales superen a las de los coches tradicionales con motor de combustión interna a mediados de la década de 2030⁵. Además, hay una serie de tecnologías importantes para convertir la energía renovable de alta calidad en otras fuentes de energía limpia, como el hidrógeno, los combustibles sintéticos y el metano sintético para la industria pesada, el transporte marítimo y el transporte de mercancías. Los códigos de construcción también están evolucionando en todo el mundo para promover la eficiencia energética y el uso inteligente de la energía. A partir de 2020, 134 países se han comprometido a alcanzar objetivos cuantificados de energía renovable en el sector energético⁶, mientras que 44 países y la Unión Europea –que representan conjuntamente aproximadamente el 70% del PIB mundial y de las emisiones de CO₂ se han comprometido a alcanzar un objetivo de emisiones netas cero a partir de abril de 2021⁷. La descarbonización implicará el uso generalizado de la electricidad con cero emisiones de carbono, la electrificación de cerca del 50% del uso final, el uso de combustibles verdes basados en el hidrógeno y los biocombustibles (es decir, combustibles producidos con electricidad con cero emisiones de carbono), el uso y almacenamiento de la captura de carbono si es necesario o económico en algunos sectores difíciles de eliminar y la garantía de ganancias masivas en la eficiencia energética⁸.

1.2.2 Tendencias nacionales en Paraguay

³ Ninguno de estos modelos es un estudio de ingeniería detallado; el propósito de este informe es ilustrar la escala general de los esfuerzos y las políticas que deben ponerse en marcha para descarbonizar de forma segura el sector energético para 2050.

⁴ “Acuerdo de París – Estado de ratificación”, Naciones Unidas: Cambio Climático, Secretaría de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, <https://unfccc.int/process/the-paris-agreement/status-of-ratification>.

⁵ Félix Fernández Balbuena, Gerardo Blanco Bogado y Cecilia Llamosas del Puerto, *Diagnóstico de la Movilidad Eléctrica en el Paraguay* (Asunción: CRECE, 2019).

⁶ VMME y IRENA, Aporte a la Contribución Nacionalmente Determinada Mejorada de la República de Paraguay.

⁷ Agencia Internacional de la Energía (AIE), *Net Zero by 2050* (AIE, 2021), 32, <https://www.iea.org/reports/net-zero-by-2050>.

⁸ AIE, *Net Zero by 2050*, 64.

Paraguay ha avanzado en la dirección correcta para abordar ciertos problemas de su sistema eléctrico. En 2014, Paraguay estableció objetivos de energía renovable en su Plan Nacional de Desarrollo 2014–2030, comprometiéndose a aumentar su consumo de energía renovable en un 60% y a reducir el consumo de combustibles fósiles en un 20% (incluyendo un 10% que está condicionado al apoyo internacional)⁹, objetivos que también están incluidos en la Contribución Nacionalmente Determinada (NDC) del país en 2016 bajo el Acuerdo de París, que el gobierno pretende actualizar en 2021¹⁰. Estas metas también están incluidas en la Política Energética Nacional 2040 aprobada por el Decreto N° 6092/2016. Mediante la Ley N° 5681/2016¹¹, el Congreso de Paraguay aprobó la incorporación del Acuerdo de París al derecho interno. Además, en 2018 la Secretaría de Medio Ambiente se convirtió en el Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible y se dotó de una Oficina Nacional de Cambio Climático¹². El país también ha estado debatiendo o ya ha adoptado políticas y leyes para fomentar la inversión o el consumo de tecnologías verdes (como la apertura de la generación a los productores independientes de energía [PIE], el fomento del consumo de vehículos eléctricos y el etiquetado de electrodomésticos eficientes), y se han sentado las bases para desplegar una red inteligente en cinco años, de acuerdo al Plan Maestro 2021–2030 de la ANDE.

A pesar de estos pasos en la dirección correcta, siguen existiendo muchos desafíos. La realidad más preocupante es que la electricidad de origen renovable del país, cercana al 100%, sigue representando solo una proporción pequeña e insuficiente **–17%–** de la demanda final de energía de Paraguay, ocupando el tercer lugar después de la biomasa (43%) y los combustibles fósiles (40%) en 2019 (datos más recientes disponibles)¹³. Figura 1 y la Figura 2 presentan el estado del sector eléctrico en Paraguay y la participación de los combustibles en la demanda neta de energía del país hasta finales de 2019.

1.2.3 Emisiones de gases de efecto invernadero en Paraguay

Si bien este informe analiza el consumo de energía de una variedad de sectores para abordar las emisiones de GEI de Paraguay, la comprensión de las fuentes de estas emisiones es fundamental para poner en juego los recursos políticos y económicos para lograr el resultado óptimo (es decir, cero emisiones). Una abrumadora mayoría de las emisiones de GEI de Paraguay provienen del sector agrícola, a través de la fermentación entérica y las emisiones directas de N₂O (óxido nitroso) de los suelos gestionados y el cambio de uso del suelo a través de la deforestación, como identifica Figura 3. Si bien estos son sectores críticos para que el Gobierno de Paraguay investigue con el fin de reducir las emisiones de GEI del país, profundizar en las recomendaciones para mitigar las prácticas agrícolas no relacionadas con la energía que causan emisiones de GEI o modelar el impacto adicional de GEI del cambio de uso del suelo queda fuera del alcance de este informe.

⁹ “Plan Nacional de Desarrollo de Paraguay 2014–2030”, Base de datos de políticas renovables de la AIE/IRENA, AIE, modificado por última vez el 12 de septiembre de 2016, <https://www.iea.org/policies/6110-paraguays-national-development-plan-2014-2030>.

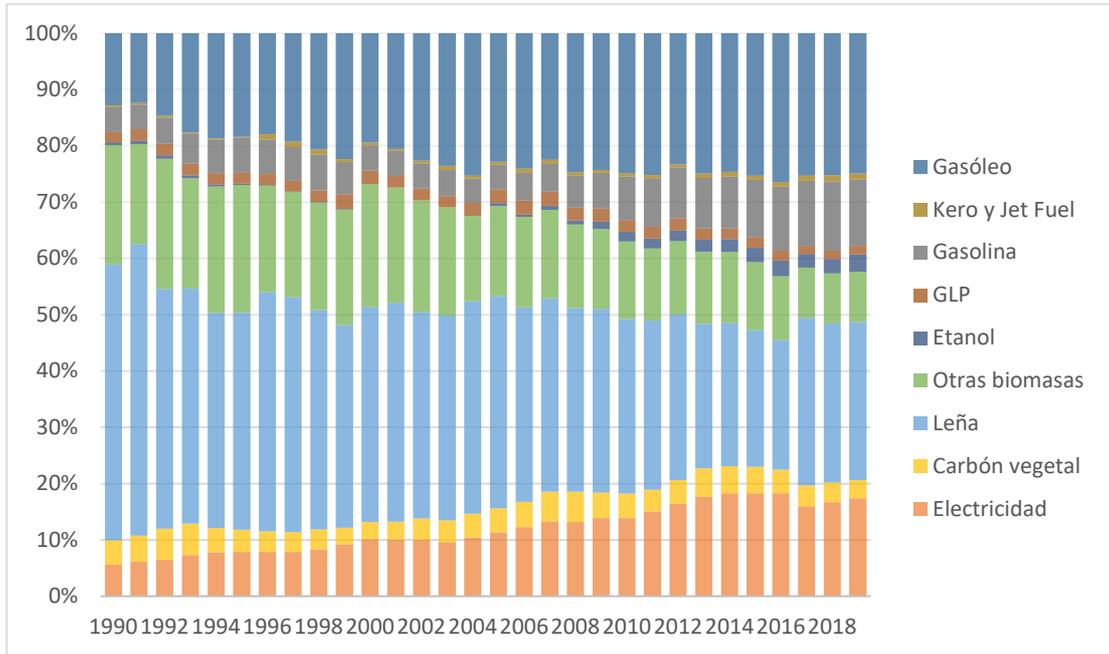
¹⁰ VMME y IRENA, Aporte a la Contribución Nacionalmente Determinada Mejorada de la República de Paraguay.

¹¹ Véase en el Apéndice E la lista de referencias de todos los instrumentos jurídicos citados en este informe.

¹² Mario Abdo Benítez, César Verdún, Luis Soria, Ethel Estigarribia, Eduardo Von Glasenapp et al., *Segundo Informe Bienal de Actualización sobre Cambio Climático ante la CMNUCC* (Gobierno de Paraguay: Asunción, 2018), 60, https://unfccc.int/sites/default/files/resource/Informe%20Bienal%20de%20Actualizaci%C3%B3n_PY_Dic%202018_.pdf.

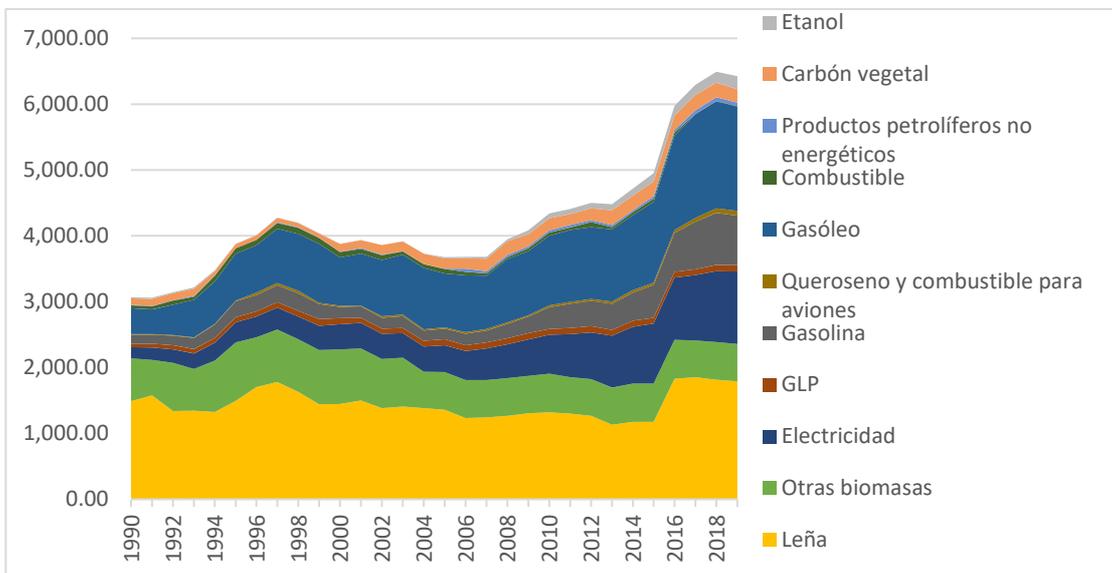
¹³ VMME, *Balance Energético Nacional 2019* (Asunción: VMME, 2020), https://www.ssme.gov.py/vmme/index.php?option=com_content&view=article&id=1805.

Figura 1: Consumo de energía final por fuente (%), 1990–2019



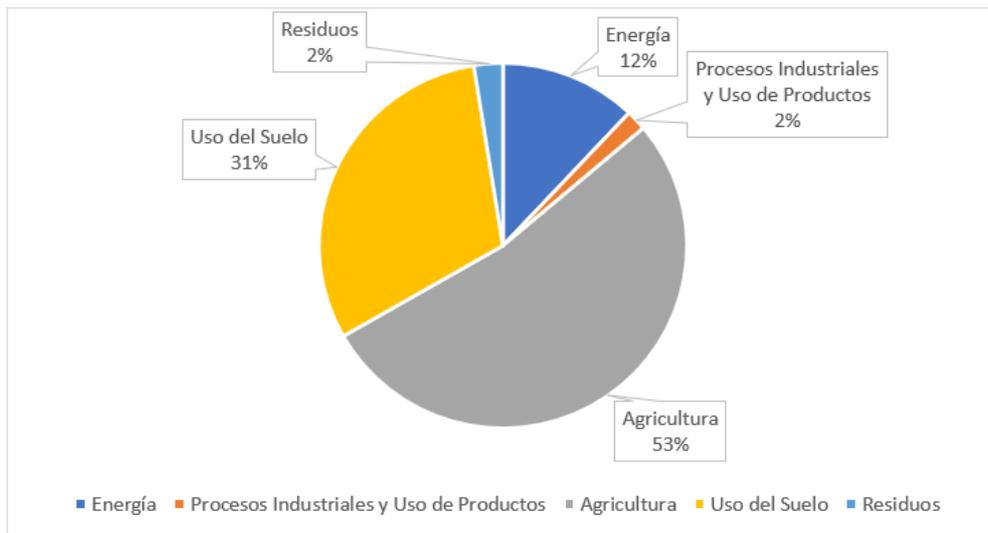
Fuente: Elaboración propia a partir de datos del Viceministerio de Minas y Energía (VMME).

Figura 2: Consumo de energía final por fuente (miles de toneladas métricas equivalentes de petróleo [kTOE]), 1990–2019



Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de VMME.

Figura 3: Potencial de calentamiento global para todos los sectores en el punto de emisión por sector en %, 2015



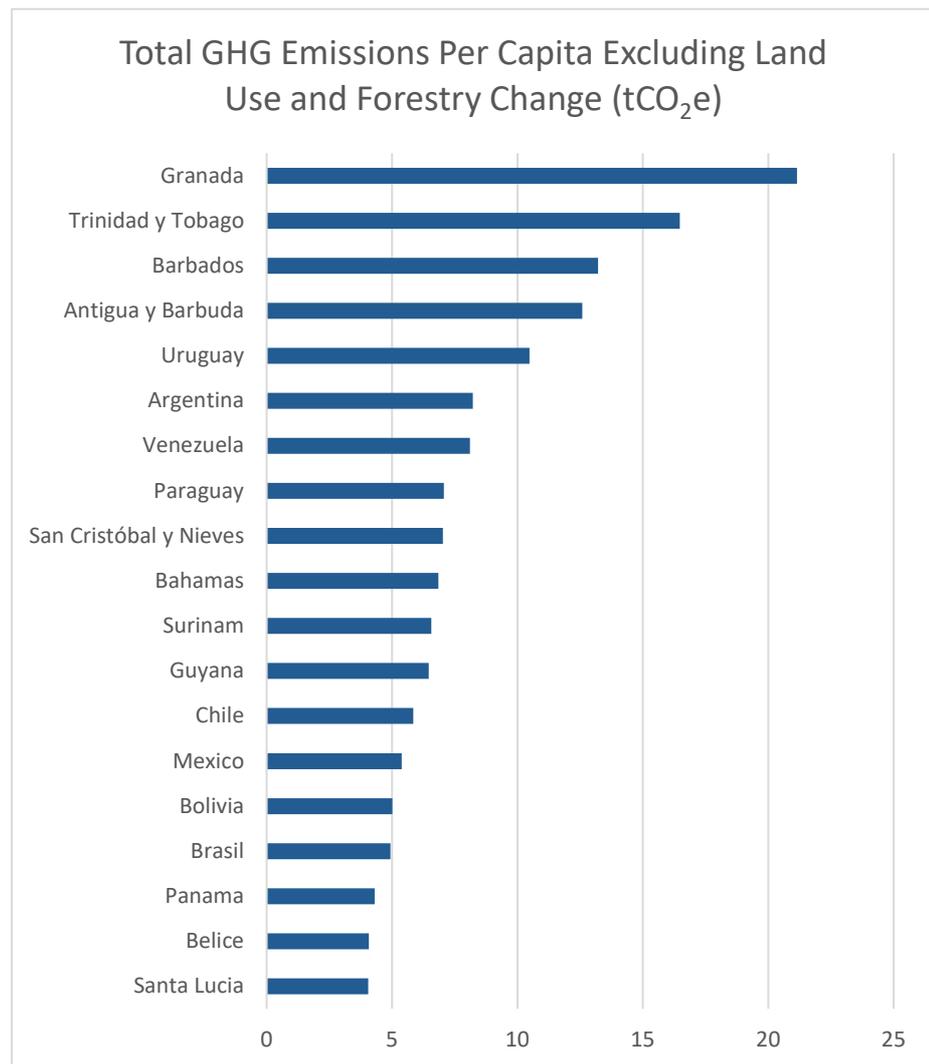
Fuente: Elaboración propia a partir de los datos del INGEI¹⁴.

En comparación con el resto de América Latina y el Caribe, Paraguay ocupa el décimo lugar en términos de emisiones totales de GEI en 2018 (49,17 millones de toneladas métricas de CO₂ equivalente [MtCO₂e] en 2018) excluyendo el cambio de uso del suelo y la silvicultura. En términos de emisiones de GEI per cápita, excluyendo el cambio de uso del suelo y la silvicultura, el país ocupa el octavo lugar en la misma región con 7,07 tCO₂e per cápita (Figura 4)¹⁵.

¹⁴ Dirección Nacional de Cambio Climático (DNCC), *NDCs de la República del Paraguay* (Asunción: Ministerio del Ambiente y Desarrollo Sostenible [MADES], 2020), <http://dncc.mades.gov.py/ndcs-de-la-republica-del-paraguay>.

¹⁵ “Global Historical Emissions”, Climate Watch, Climate Watch, <https://www.climatewatchdata.org/ghg-emissions>.

Figura 4: Emisiones totales de GEI per cápita, excluyendo el cambio de uso del suelo y la silvicultura (tCO₂e) (Sólo países con emisiones de GEI per cápita superiores a 4 tCO₂e)

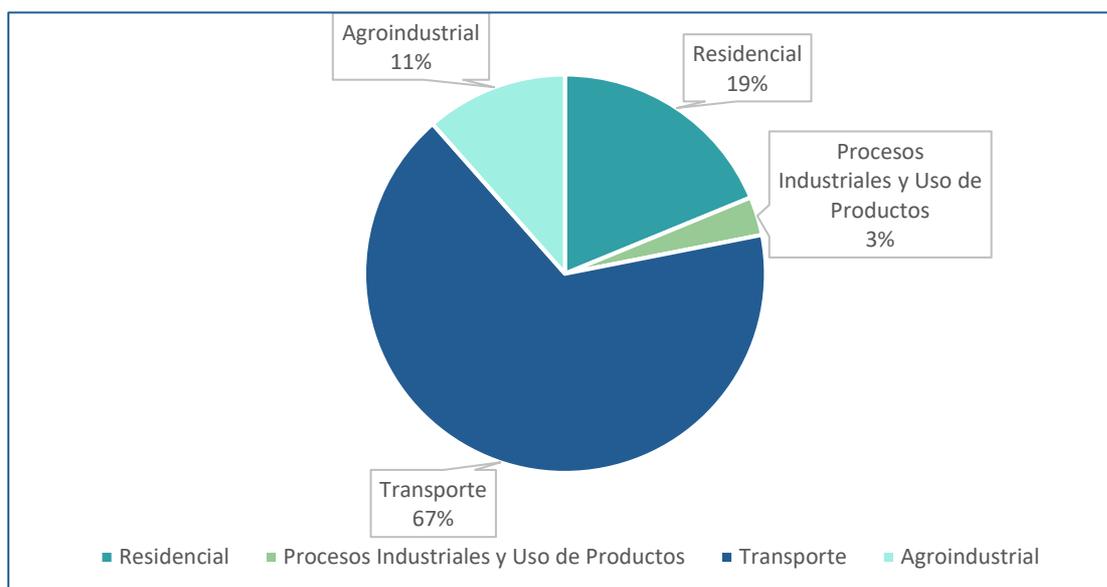


Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de Climate Watch (2018)¹⁶.

Como se ha explicado anteriormente, este informe se centra en los cuatro sectores de uso de la energía que causan la mayor cantidad de emisiones de GEI: 1) el transporte, 2) los edificios residenciales y comerciales, 3) la agricultura y la silvicultura (uso de maquinarias por parte de estos sectores), y 4) el sector industrial. Figura 5 presenta la participación de cada sector en las emisiones totales de GEI de Paraguay en 2018, expresada en términos de Potencial de Calentamiento Global, que ascendió a 9,6 MtCO₂e.

¹⁶ “Global Historical Emissions”, Climate Watch.

Figura 5: Potencial de calentamiento global de los sectores de uso de la energía en el punto de emisión por sector en %, 2018



Fuente: Elaboración propia con LEAP y a partir de VMME¹⁷ y del Ministerio del Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADES)¹⁸.

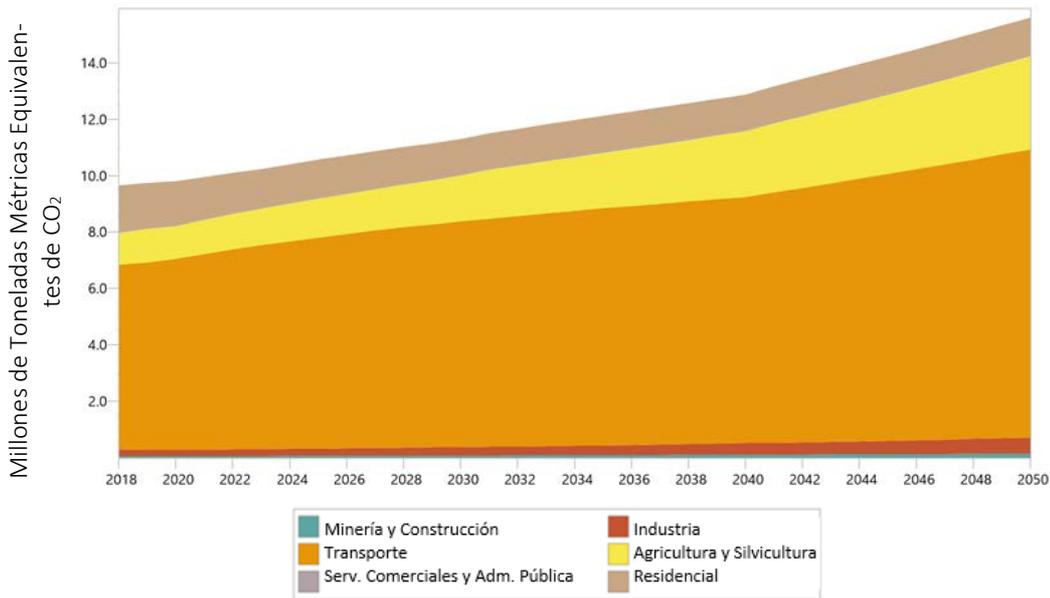
Utilizando el software de¹⁹ la Plataforma de Análisis de Bajas Emisiones (LEAP) y un escenario conservador de una tasa de crecimiento económico del 3,3% entre 2018 y 2050, se desarrolló un modelo para mapear la trayectoria de las emisiones de GEI para 2050 que resultaría de la implementación de las políticas declaradas por Paraguay, como la Política Nacional de Energía 2040 de VMME y el Plan Nacional de Desarrollo de Paraguay para 2030. Los supuestos se explican en el Apéndice C. Los resultados de este modelo indican que en el Escenario de Políticas Declaradas, Paraguay puede esperar un aumento de las emisiones de GEI para el año 2050 (ver Figura 6).

¹⁷ VMME, *Estudio de Prospectiva Energética 2015–2050* (Asunción: VMME, 2020), <https://www.ssme.gov.py/vmme/pdf/prospectiva/Prospectiva%20Energética%202015–2050.pdf>.

¹⁸ DNCC, NDCs de la República del Paraguay.

¹⁹ El programa informático utilizado para este análisis fue el LEAP. Se trata de una herramienta de modelización integrada que puede utilizarse para seguir el consumo de energía, la producción y la extracción de recursos en todos los sectores de una economía. El software fue desarrollado por el Instituto de Medio Ambiente de Estocolmo y se utiliza principalmente para analizar los sistemas energéticos nacionales. LEAP define un paso de tiempo anual, siendo posible ampliar el horizonte temporal para un número ilimitado de años (normalmente, sin embargo, de 20 a 50 años). LEAP admite un cierto número de metodologías de modelización diferentes. Por el lado de la demanda, estos métodos van desde las técnicas de contabilidad de uso final ascendente hasta la modelización macroeconómica descendente. Por el lado de la oferta, LEAP considera una serie de metodologías de simulación para modelar la generación de electricidad y la expansión de la capacidad. Esto también permite la incorporación de datos y resultados de modelos más especializados.

Figura 6: Potencial de calentamiento global a 20 años (políticas declaradas), crecimiento económico fijo



Fuente: Elaborado por los autores.

1.3 Escenarios de cambio a gran escala

Para resaltar las políticas necesarias para las emisiones cero de los sectores de uso de energía en Paraguay, este informe presenta tres escenarios para la matriz de demanda de energía final de Paraguay de 2018²⁰ a 2030, 2040 y 2050, basados en el software LEAP de libre acceso. La composición del sector eléctrico no se evalúa aquí, sino que se presenta en los capítulos 2 y 3.

1. El Escenario 1, el Escenario de Continuidad (BAU), mantiene las tendencias de la demanda de energía basadas en datos históricos y no considera ninguna política energética adicional (más allá de las aprobadas y comprometidas recientemente).
2. El escenario 2 supone la aplicación de políticas energéticas que conduzcan a niveles moderados de electrificación de los usos finales, así como a un elevado suministro de biomasa como fuente de energía en el sector industrial, el transporte no electrificado y algunas prácticas culinarias tradicionales restantes. Este elevado uso de la biomasa implicará probablemente la conversión del uso del suelo. Este escenario también asume que los hidrocarburos persistirían en la industria y el transporte, una suposición que requeriría el secuestro de CO₂ (no asumido aquí) para alcanzar el objetivo de cero emisiones en 2050, consistente con el límite de calentamiento de 1,5°C del Acuerdo de París.
3. El Escenario 3, el Escenario de Cero Emisiones, supone que existen políticas energéticas aún más fuertes para que Paraguay logre una descarbonización efectiva en el sector energético para 2050. El Escenario 3 asume una electrificación agresiva del uso final y un nivel moderado de suministro de biomasa para fines de fuente de energía en el sector industrial, el transporte no electrificado y los fines de cocina heredados. Los únicos hidrocarburos que persisten en este modelo son los presuntamente necesarios como parte del combustible para aviones, que para entonces pueden ser eliminados por tecnologías no consideradas en este documento (por ejemplo, la electrificación de los vuelos de corta distancia y los combustibles sintéticos para la aviación).

²⁰ Por razones de disponibilidad de datos, se utilizó 2018 como año de referencia.

Los escenarios 2 y 3 se diferencian por el papel de dos elementos clave en las transiciones del sistema energético: 1) el grado de electrificación del uso final en el transporte, las industrias y los edificios, y 2) el grado de utilización de la biomasa para la energía²¹. Mientras que los Escenarios 2 y 3 incluyen políticas que hacen hincapié en cambios drásticos en el aumento de la eficiencia energética y en la electrificación en múltiples sectores, el Escenario 3 llega a cero hidrocarburos en 2050, mientras que el Escenario 2 asume el progreso hacia ese fin, al tiempo que depende de una proporción mucho mayor de biomasa que el Escenario 3. Los Apéndices A (centrado en la línea de base de 2018 de la intensidad energética útil) y B (centrado en los Escenarios 1, 2 y 3) proporcionan el conjunto completo de supuestos y cálculos en los que se basa esta sección.

El escenario 3 moviliza todos los pilares de la descarbonización mencionados por la Agencia Internacional de la Energía (AIE), además de la captura, utilización y almacenamiento de carbono: “eficiencia energética, cambios de comportamiento, electrificación, energías renovables, hidrógeno y combustibles basados en el hidrógeno, bioenergía”²².

Este informe considera la descarbonización de cero emisiones (en lugar de “cero neto”), haciendo hincapié en la necesidad de dar prioridad a la eliminación progresiva del uso de combustibles fósiles en el sector energético, al tiempo que reconoce que las soluciones basadas en la naturaleza para secuestrar el CO₂ en la vegetación y los suelos también serán necesarias para lograr emisiones netas negativas de CO₂ en el futuro²³.

²¹ Eric Larson, Chris Greig, Jesse Jenkins, Erin Mayfield, Andrew Pascale, Chuan Zhang, Joshua Drossman, Robert Williams, Steve Pacala y Robert Socolow, *Net-Zero America: Potential Pathways, Infrastructure, and Impacts* (Trenton: Princeton University, 2020), https://environmenthalfcentury.princeton.edu/sites/g/files/toruqf331/files/2020-12/Princeton_NZA_Interim_Report_15_Dec_2020_FINAL.pdf.

²² AIE, *Net Zero by 2050*, 64.

²³ Véase Alasdair Skelton, Alice Larkin, Andrew Ringsmuth, Caroline Greiser, David Fopp, Duncan McLaren, Doreen Stabinsky, Erik Huss, Flora Hajdu, Greg Marsden, Hanne Svarstad, Henrik Lagerlund, Isak Stoddard, James Dyke, Jens Friis Lund, Jillian Anable, Joanna Haigh, Judith Nora Hardt, Julia Steinberger, Kate Dooley, Kathleen McAfee, Kevin Anderson, Klara Fischer, Linda Engström, Magnuz Engardt, Maria Johansson, Maria Wolrath Söderberg, Mats Björk, Niclas Hällström, Nils Markusson, Paul Glantz, Peter Newell, Richard D. Pancost, Sarah Milne, Stephen Woroniecki, Stig-Olof Holm, Stuart Capstick, Svetlana Gross, Sören Andersson, Tor A. Benjaminsen y Wim Carton, “10 Myths about Net Zero Targets and Carbon Offsetting, Busted”, *Climate Home News*, 11 de diciembre de 2020, <https://www.climatechangenews.com/2020/12/11/10-myths-net-zero-targets-carbon-offsetting-busted>; Doreen Stabinsky, Dipti Bhatnagar y Sara Shaw, *Chasing Carbon Unicorns: The Deception of Carbon Markets and “Net Zero”* (Amsterdam: Amigos de la Tierra Internacional, febrero de 2021), <https://www.foei.org/wp-content/uploads/2021/02/Friends-of-the-earth-international-carbon-unicorns-english.pdf>.

1.3.1 Emisiones de gases de efecto invernadero

Para los fines de este informe, se analizaron siete de las emisiones de GEI más comunes para ver los cambios en las emisiones desde el año base 2018 hasta el objetivo de 2050. Tabla 1 ilustra estos cambios como ajustes porcentuales desde 2018, con tonos rojos que indican aumentos de las emisiones y tonos verdes que destacan las reducciones de las mismas.

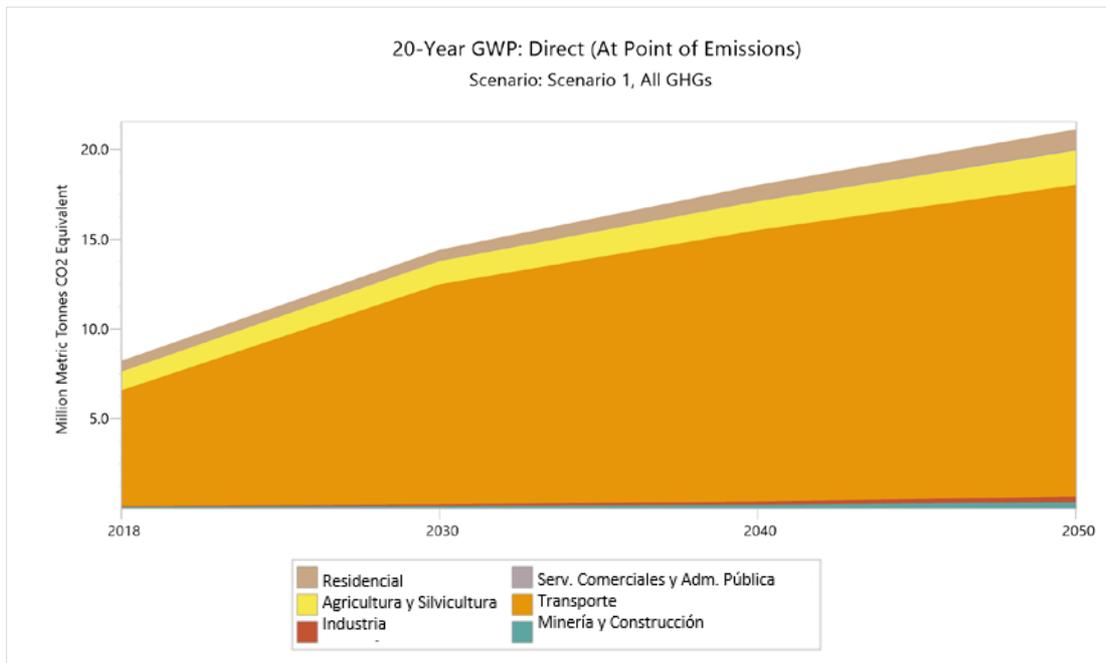
Tabla 1: Cambio porcentual en la producción de emisiones de GEI por escenario

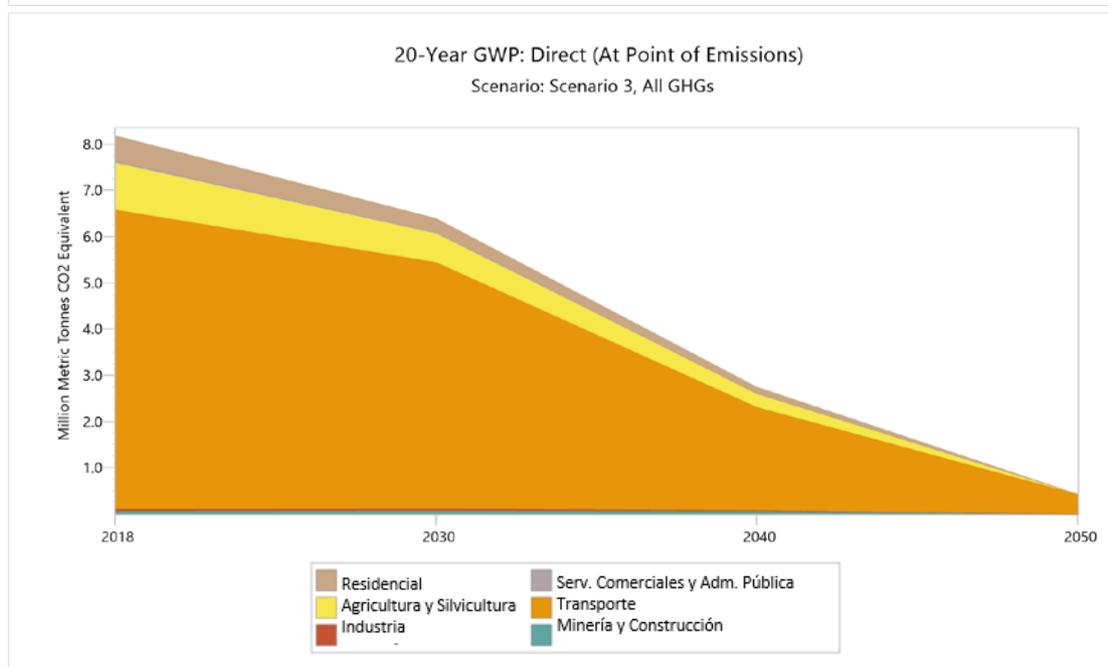
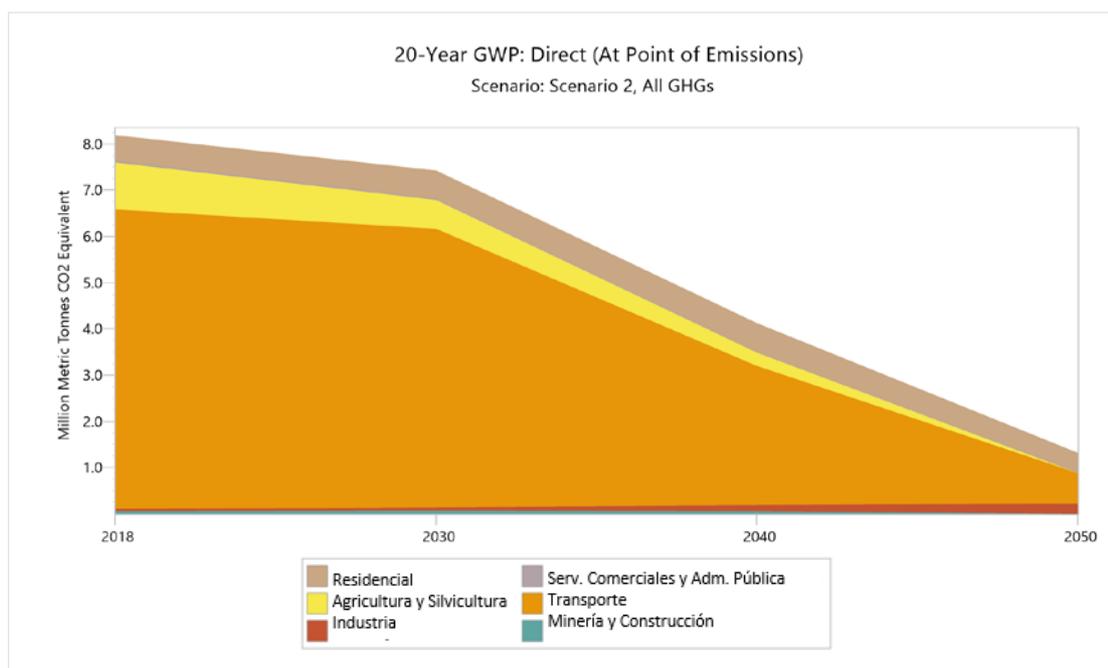
Gases de efecto invernadero	Año Base	Escenario 1			Escenario 2			Escenario 3		
	2018	2030	2040	2050	2030	2040	2050	2030	2040	2050
Dióxido de Carbono	0%	75,6%	119,8%	158,1%	-9,5%	-49,8%	-83,8%	-22,1%	-66,6%	-94,7%
Metano	0%	85,3%	125,9%	156,0%	0,0%	-44,8%	-91,4%	-11,2%	-62,1%	-98,3%
Óxido Nitroso	0%	71,4%	128,6%	171,4%	0,0%	-42,9%	-71,4%	-14,3%	-57,1%	-85,7%
Monóxido de Carbono	0%	105,2%	146,1%	169,0%	13,0%	-41,3%	-97,2%	0,9%	-56,6%	-97,6%
COVs no metánicos	0%	104,8%	145,9%	169,1%	12,6%	-41,4%	-96,8%	0,5%	-56,7%	-97,4%
Óxidos de Nitrógeno	0%	87,1%	131,3%	165,5%	-10,8%	-57,1%	-92,8%	-21,4%	-69,6%	-96,9%
Dióxido de Azufre	0%	71,6%	117,2%	162,3%	-25,5%	-65,0%	-89,4%	-32,6%	-75,7%	-99,2%

Fuente: Elaborado por los autores a partir de los resultados del LEAP.

Mientras que el escenario 1 muestra un aumento global de las emisiones de GEI, los demás escenarios identifican una disminución significativa de las mismas. El escenario 3, con su énfasis en la minimización de los combustibles fósiles, registra la mayor reducción para 2050. Figura 7 presenta la tendencia de las emisiones para los escenarios 1, 2 y 3 hasta 2050.

Figura 7: Potencial de calentamiento global a 20 años (escenarios 1, 2 y 3), sectores de uso de la energía





Fuente: Elaborado por los autores.

El escenario 1 muestra que Paraguay experimentaría un aumento de casi 2,5 veces, pasando de 8,1 MtCO₂e en 2018 a 20,13 MtCO₂e en 2050 si no se toman medidas. Si el país hace hincapié en la biomasa para alcanzar las cero emisiones, Paraguay reduciría las emisiones a 1,54 MtCO₂e. En el modelo ideal, el Escenario 3, Paraguay maximizaría la electrificación y, por tanto, reduciría las emisiones a 0,43 MtCO₂e en 2050; el resto de las emisiones están directamente relacionadas con el combustible de hidrocarburos para aviones.

1.3.2 Demanda de energía

Los escenarios anteriores se basan en la trayectoria de la demanda energética de los sectores residencial, comercial, agrícola, de transporte, industrial, de la construcción y de la minería, así como en

los tipos de combustible utilizados. Esta demanda resulta de tres parámetros cuyos supuestos se explican en los Apéndices A y B:

- el crecimiento de la población,
- crecimiento anual del PIB (5,4% de media durante el periodo)²⁴, y
- intensidades energéticas²⁵ útiles, que pueden disminuir mediante el fomento de la eficiencia energética y la adopción de nuevas tecnologías de ahorro energético consideradas en los Escenarios 2 y 3.

Cada sector tiene diferentes catalizadores para mejorar la eficiencia. En general:

- Residencial: mejora de la refrigeración y la ventilación de las habitaciones
- Comercial y público: mejores hábitos de consumo en iluminación, calentamiento y refrigeración
- Industria: vapor, calor directo, fuerza motriz y mejoras en la tecnología de refrigeración de procesos
- Agricultura y silvicultura: Sustitución de tractores y tecnologías de producción
- Minería y construcción: No se asumieron cambios en la eficiencia energética
- Transporte: Técnicas de conducción eficiente, especialmente para los autobuses

Los resultados de estos supuestos se presentan en Tabla 2, que destaca el ahorro neto de eficiencia energética como una reducción porcentual total de la demanda de energía para cada año determinado. La misma proporción de ahorro neto de eficiencia se aplican en los escenarios 2 y 3.

Tabla 2: Ahorro de energía por sector como porcentaje de la demanda energética del sector

Sector	2023	2030	2040	2050
Residencial	2%	5%	10%	13%
Comercial y público	2%	5%	10%	13%
Industrial	0%	2%	5%	7%
Agricultura y silvicultura	2%	5%	10%	13%
Transporte	2%	5%	10%	13%

Fuente: Elaborado por los autores.

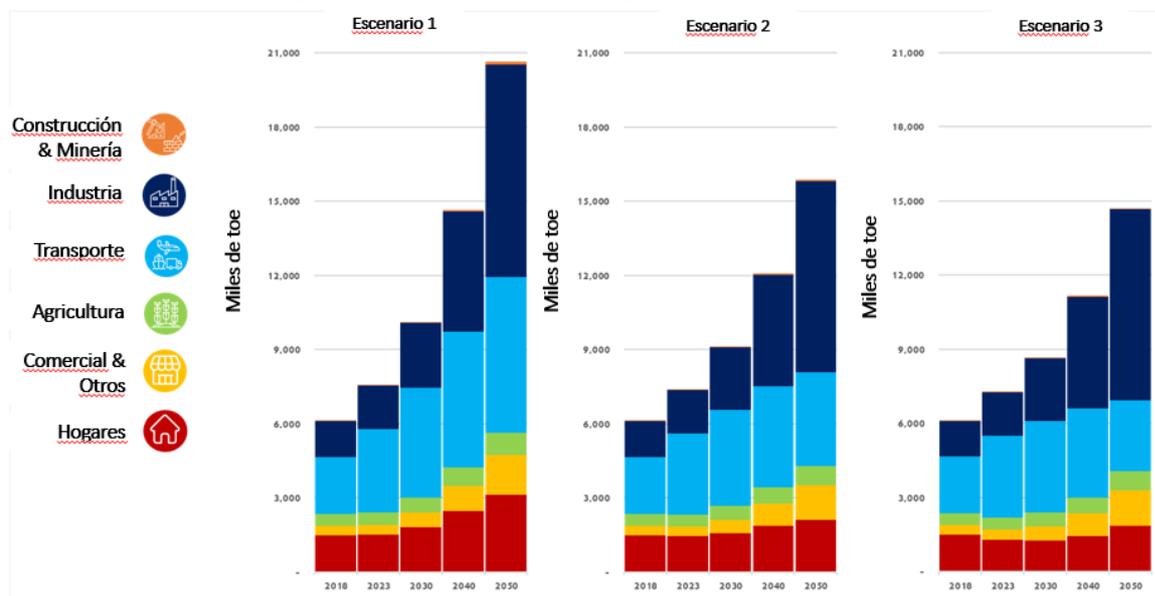
Figura 8 compara la cantidad de demanda energética por sectores para los tres escenarios. Destaca una fuerte disminución de la demanda energética a partir del escenario 1, con una reducción del 23%

²⁴ Esta tasa de crecimiento promedio del 5,4% es superior a la tasa de crecimiento del 3,4% utilizada en el Escenario de Políticas Establecidas y se considera que refleja los escenarios optimistas de la economía de Paraguay en el futuro.

²⁵ La energía neta se refiere a la energía total consumida por los aparatos, artefactos o máquinas; por ejemplo, la cantidad de combustible quemado por los vehículos. La energía útil da una medida del trabajo real realizado con esa energía total –en el mismo ejemplo, se trata del trabajo mecánico realizado por los vehículos. La energía neta y la energía útil están relacionadas por la eficiencia, tal como se expresa en la fórmula Energía útil = Eficiencia * Energía neta. La intensidad de la energía útil es la energía útil dividida por la unidad de actividad. La comparación entre estos dos tipos de indicadores energéticos proporciona una herramienta para examinar el consumo de energía con más detalle. Por ejemplo, en la práctica, la demanda de energía útil del aire acondicionado (AC) sólo puede reducirse mediante una disminución de la carga térmica (Energía Útil) o una mejora del comportamiento del consumidor (Eficiencia). En cualquiera de los dos casos, esto se traduciría en un aumento de la eficiencia de las unidades de AC, que a su vez representaría la razón subyacente de una disminución de la demanda de Energía Neta. Las intensidades se obtienen dividiendo el indicador energético por una unidad apropiada (por ejemplo: hogar, km, etc.). Los autores calcularon la línea de base de 2018, y se explica en el Apéndice A.

en el escenario 2 y del 29% en el escenario 3. Estas reducciones de la demanda de energía son atribuibles a las ganancias en el rendimiento de los servicios públicos y al aumento de la eficiencia en el sector del transporte, así como a la reducción de la intensidad energética en todos los sectores debido a las ganancias de eficiencia incorporadas que están asociadas a la electrificación²⁶.

Figura 8: Demanda de energía por sectores (en kTOE)



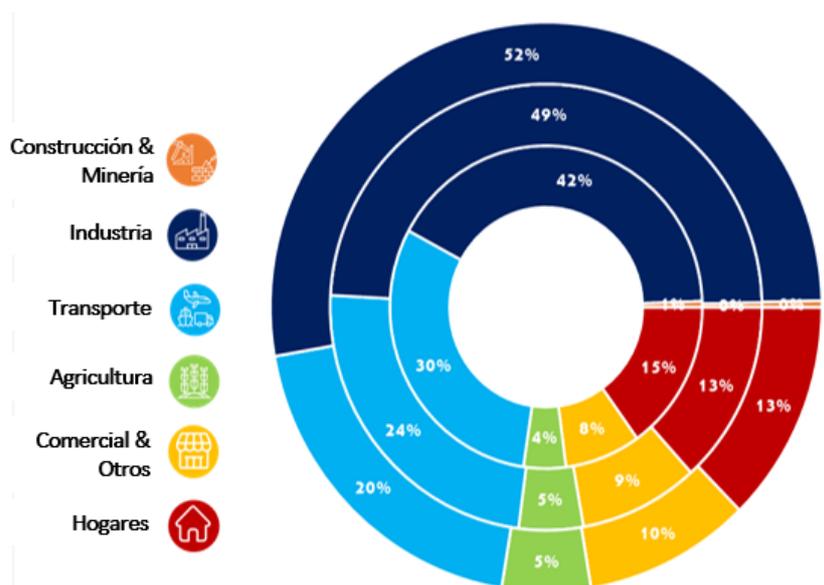
Fuente: Elaborado por los autores a partir de los resultados del LEAP.

La industria experimenta un importante crecimiento en la cuota total de energía. El transporte es el que más disminuye su porcentaje de demanda energética, en gran parte debido a la electrificación y a la mayor eficiencia (véase Figura 9).

²⁶ Un modelo de electrificación basado en las renovables para América del Sur concluye: “La penetración de las energías renovables no es sólo una cuestión de sustituir los hidrocarburos por fuentes de suministro de energía con cero emisiones de carbono, sino que también representa un cambio significativo en la eficiencia de los recursos. Esto queda ilustrado por la electrificación general en los sectores de la electricidad, el calor, el transporte y la desalinización. La demanda de energía primaria suponiendo una alta electrificación, que es la base de este estudio, disminuye marginalmente de 5.000 TWh en 2015 a unos 4.800 TWh en 2035 y aumenta hasta 6.700 TWh en 2050.... Por el contrario, con las bajas cuotas de electrificación resultantes de la adopción de las prácticas actuales hasta 2050, la demanda de energía primaria alcanzaría casi 11.500 TWh en 2050. **Este enorme aumento de la eficiencia energética se debe principalmente a un alto nivel de electrificación de más del 80%, lo que supone una reducción de unos 4.800 TWh para 2050, en comparación con la continuación de las prácticas actuales con bajas cuotas de electrificación”.**

Manish Ram, Dmitrii Bogdanov, Arman Aghahosseini, Ashish Gulagi, Solomon A. Oyewo, Michael Child, Upeksha Caldera, Kristina Sadovskaia, Javier Farfan, Larissa S.N.S. Barbosa, Mahdi Fasihi, Siavash Khalili, Christian Breyer, Hans-Josef Fell, Thure Traber, Felix De Caluwe, Georg Gruber y Bernhard Dalheimer, *Sistema Energético Global basado en Energías 100% Renovables: Sectores de la Energía, el Calor, el Transporte y la Desalinización* (Lappeenranta y Berlin: Universidad LUT y Energy Watch Group, 2019), 201–202, http://energywatchgroup.org/wp-content/uploads/EWG_LUT_100RE_All_Sectors_Global_Report_2019.pdf.

Figura 9: Participación de la demanda de energía por sector según el escenario en 2050 (Escenario 1 interior, Escenario 2 medio, Escenario 3 exterior)



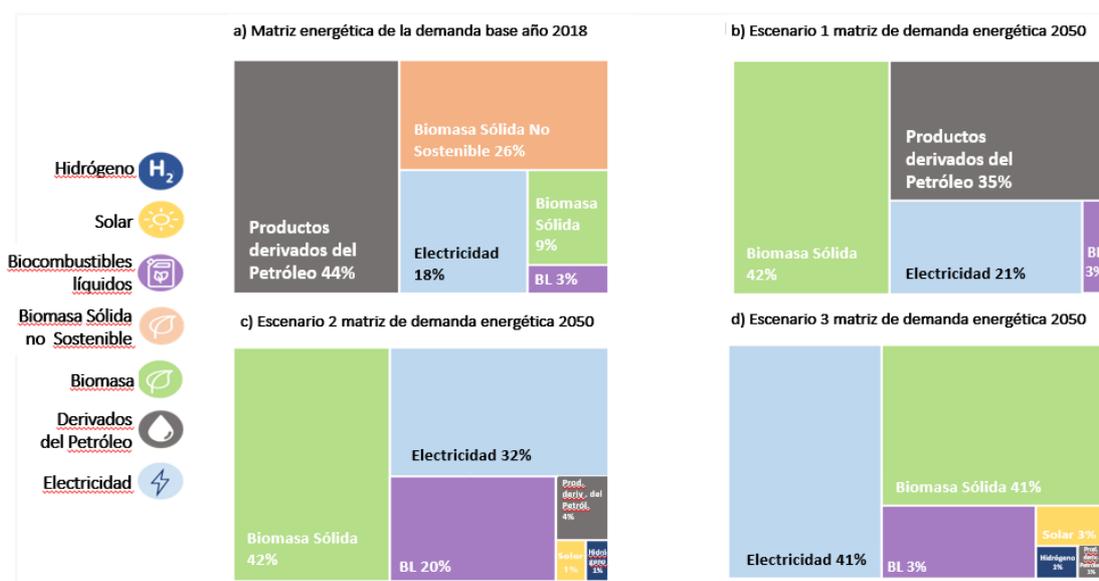
Fuente: Elaborado por los autores a partir de los resultados del LEAP.

1.3.3 Demanda por tipo de combustible

Se consideraron múltiples tipos de fuentes de energía para alcanzar las demandas energéticas mencionadas para cada escenario. Como se ha mencionado, el Escenario 2 hace hincapié en la biomasa como fuente de combustible sostenible alternativa, mientras que el Escenario 3 se centra en la electrificación, con la electricidad alcanzando el 41% de la demanda energética en 2050. La Figura 10 destaca esta diferencia, mostrando el porcentaje de la demanda total de energía por tipo de fuente energética en 2050 para cada uno de los escenarios y el caso base. Si bien la biomasa alcanza diferentes grados de demanda, este informe asume que toda la biomasa se obtiene de manera sostenible en todos los escenarios a partir de 2030²⁷. En el Apéndice B se analiza la capacidad de Paraguay para proporcionar biomasa sostenible sin más deforestación. *El riesgo destacado de la conversión del uso del suelo para la producción de alimentos tendría que ser mitigado por políticas apropiadas para la diversificación de los cultivos energéticos, las operaciones de conversión de residuos en energía y la productividad agrícola* (véanse las recomendaciones del capítulo 5).

²⁷ En 2018, casi el 75% de la biomasa extraída para energía en Paraguay procedía de fuentes no sostenibles, como los bosques nativos (véase el capítulo 5). Como resultado, la biomasa sólida en los tres escenarios es mayormente insostenible hasta 2030. Después de 2030, el Decreto N° 4056/2015 y la Resolución N° 933/2020 se aplican plenamente, y se supone que toda la biomasa se deriva de forma sostenible.

Figura 10: Tipo de fuente de energía Porcentaje de la demanda de energía en 2050 por escenario

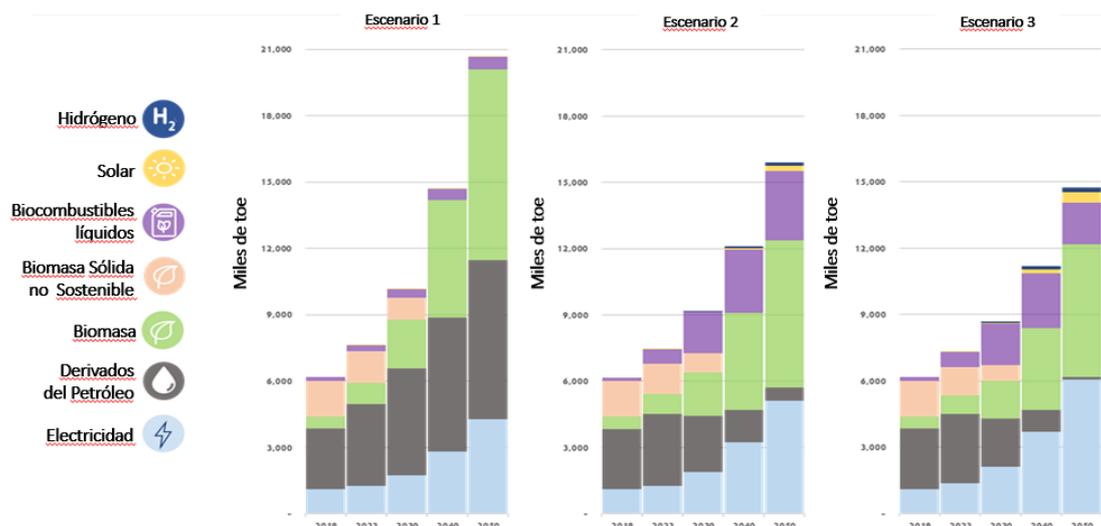


Fuente: Elaborado por los autores a partir de los resultados del LEAP.

Los derivados del petróleo siguen utilizándose en la industria y el transporte (4% de la matriz energética de la demanda) en el Escenario 2, mientras que se reducen al mínimo en el Escenario 3. La incorporación de la energía solar como fuente de energía residencial supone una diferencia moderada en ambos escenarios 2 y 3, mientras que el hidrógeno hace su aparición y se desarrolla tanto en el sector del transporte como en el industrial. *A medida que las tecnologías evolucionen y que los costos sigan bajando mientras aumenta la eficiencia, el hidrógeno podría sustituir al uso de la biomasa en la industria (véase el capítulo 5) y a los biocombustibles en el transporte.*

Figura 11 explica los porcentajes de los tipos de combustible en términos absolutos, destacando la magnitud total de la demanda energética por tipo de fuente de energía y escenario. Desplazándose de izquierda a derecha, la magnitud decreciente se atribuye a los mayores niveles de eficiencia energética que, en última instancia, requieren menos combustible para los mismos e incluso mayores niveles de demanda (la actividad económica sigue aumentando).

Figura 11: Demanda de energía por tipo de combustible (en kTOE)

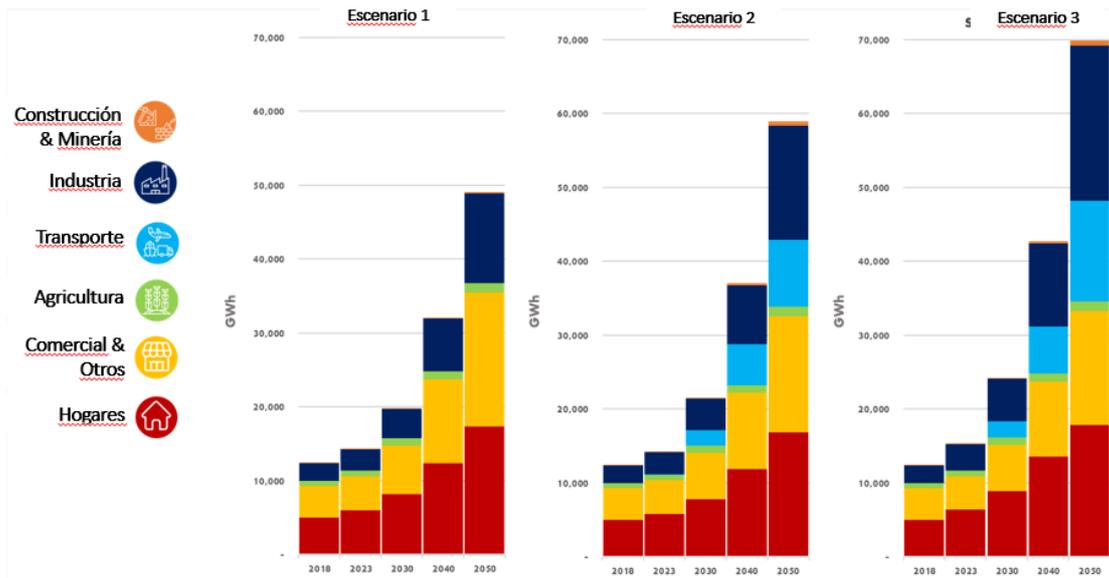


Fuente: Elaborado por los autores a partir de los resultados del LEAP.

1.3.4 Demanda de electricidad

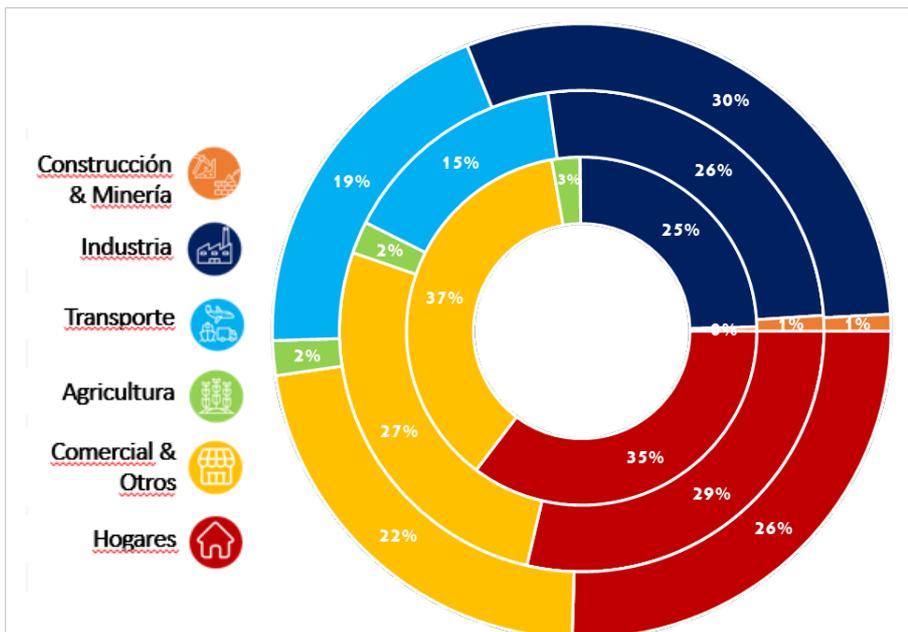
Entre todos los tipos de fuentes de energía, se prevé que la electricidad aumente en mayor medida en los escenarios 2 y 3. En concreto, en 2050 la electricidad experimenta un aumento de 14 puntos porcentuales en su cuota de uso energético en el escenario 2 y un aumento de 23 puntos porcentuales en el escenario 3 en comparación con su cuota de uso energético en el escenario 1. Sin embargo, su demanda varía significativamente según el sector. En particular, mientras que los sectores residencial y comercial son los mayores consumidores de electricidad en 2050 en el Escenario 1, son superados por los sectores industrial y de transporte en los Escenarios 2 y 3, que se benefician de las nuevas tecnologías y políticas diseñadas para exigir el uso de la electricidad. Figura 12 resume este aumento de la demanda de electricidad en cada escenario por sectores, mientras que Figura 13 resume la demanda de electricidad de cada sector como porcentaje de toda la demanda eléctrica. Mientras que el sector comercial tiene el mayor consumo de electricidad, con un 37%, y el residencial, con un 35%, en el Escenario 1, el sector industrial supera rápidamente a los demás sectores y es el segundo mayor consumidor en el Escenario 2, y el más alto en el Escenario 3.

Figura 12: Demanda de electricidad por sectores (en GWh)



Fuente: Elaborado por los autores a partir de los resultados del LEAP.

Figura 13: Participación de la demanda de electricidad por sectores según el escenario en 2050 (Escenario 1 interior, Escenario 3 exterior)



Fuente: Elaborado por los autores a partir de los resultados del LEAP.

1.4 Retos sectoriales para descarbonizar el perfil de la demanda energética

Para cambiar adecuadamente el perfil de la demanda de energía para descarbonizarla en 2050, hay que abordar los retos actuales. Esta sección los resume antes de ofrecer recomendaciones por década.

1.4.1 Sector eléctrico

Cuadro 1: Estadísticas recientes del sector eléctrico de Paraguay

Electricidad disponible (generada + comprada): 49.448 GWh en 2019
Demanda de electricidad: 17.957 GWh en 2020
Capacidad de transmisión: 6.050 MW en 2018
Pico de demanda: 3.777 MW (2021)
Costo de generación: USD¢ 0,02/ kWh de media en 2019
Costo de la electricidad comprada: 40,50 USD/MWh en 2019
Costo medio de la electricidad: USD¢ 5,61/kWh en 2019
Tarifa media de la electricidad: USD¢ 5,94/kWh en 2019
Subvenciones a la electricidad: 9,18 millones de dólares en 2018
Pérdidas globales del sistema: 25,81% en 2019 (déficit para la ANDE de 163 millones de dólares) ²⁸
Nota: Se indican los últimos datos disponibles para cada variable.

Si bien la generación de electricidad de Paraguay procede casi en un 100% de energías renovables, una combinación de problemas técnicos e institucionales provoca ineficiencias tanto en la red eléctrica como en la propia ANDE. Estos problemas dificultan una electrificación más amplia. Desde el punto de vista técnico, sigue habiendo un número insuficiente de líneas de transmisión de alta tensión a pesar de la inversión en dos líneas críticas de 500 kV en los últimos ocho años (Itaipú-Villa Hayes y Yacyretá-Villa Hayes). Además, las pérdidas totales del sistema siguen siendo bastante elevadas, en torno al 25,8% de la electricidad disponible (frente al 15,6% de América Latina)²⁹, mientras que las pérdidas de distribución representan casi el 80% de las pérdidas totales³⁰. Las medidas de eficiencia energética (como las tarifas por tiempo de uso y los electrodomésticos eficientes) están casi ausentes. La demanda máxima es mayoritariamente residencial y su crecimiento está impulsado por un consumo ineficiente de aire acondicionado (AC) que hace que el factor de carga tenga³¹ una tendencia a la baja, en particular en el área metropolitana de Asunción. El sistema tiene dificultades para satisfacer la creciente demanda punta, una realidad que provoca cortes de electricidad durante los meses de

²⁸ Esto supone la diferencia entre el 25,81% de pérdidas y el 10% de pérdidas, un ratio de pérdidas ideal.

²⁹ “Electric power transmission and distribution losses (% of output) – Latin America & Caribbean”, Datos del Banco Mundial, AIE Estadísticas y OCDE/AIE, 2014 (últimos datos disponibles), <https://data.worldbank.org/indicador/EG.ELC.LOSS.ZS?locations=ZJ>.

³⁰ Administración Nacional de Electricidad (ANDE), *Memoria Anual 2019* (Asunción: ANDE, 2020), https://www.ande.gov.py/documentos_contables/705/ande_-_memoria_anual_2019.pdf.

³¹ El factor de carga de un sistema eléctrico es la carga media del sistema dividida por la carga máxima del sistema.

verano (además de las recurrentes tormentas eléctricas). Estos problemas han afectado negativamente a la confianza del sector privado en el sector eléctrico, ya que las empresas necesitan seguridad en la red eléctrica para mantener un negocio consistente.

Desde el punto de vista institucional, la ANDE tiene pocos incentivos para ajustarse adecuadamente a estos cambios. La fijación de las tarifas es una tarea política, además de políticamente sensible, y por ahora las tarifas apenas se fijan por encima del nivel de recuperación de costos, es decir, el costo total del suministro eléctrico más las inversiones necesarias para ampliar y mejorar el suministro. La ANDE sufre el riesgo de cambio inherente a sus flujos de ingresos, ya que prácticamente el 54% de los gastos de la ANDE son en USD y el 88% de sus ingresos en guaraníes³². La crisis de la COVID-19 ha degradado las finanzas de la ANDE, cuya deuda ha alcanzado los 1.400 millones de USD³³. Curiosamente, incluso una eventual disminución de la tarifa de Itaipú no restablecería de forma duradera la salud financiera de ANDE³⁴. Al mismo tiempo, la ANDE no ha sido sometida a una revisión contable externa, por lo que la transparencia de su balance es limitada. La falta de un Ministerio de Energía robusto con capacidad administrativa para supervisar la estrategia del sector, exigir medidas de eficiencia energética en toda la economía y hacer que la ANDE rinda cuentas de sus resultados obstaculiza la reforma del sector eléctrico y la electrificación más amplia de la economía. Además, aunque las estimaciones de la ANDE sitúan el punto de equilibrio entre la oferta y la demanda entre 2030 y 2033 (sin capacidad de generación adicional), no incluye la electrificación masiva de los usuarios finales (además de la industria de media tensión) que se analiza en este informe.

1.4.2 Soluciones a la escasez de oferta en picos de demanda

Según los modelos que se presentan a continuación (PY-RAM y SimSEE) y el Plan Maestro 2021–2040 de la ANDE, la capacidad de generación actual de Paraguay será insuficiente para satisfacer la demanda entre 2028 y 2033 (ver capítulos 2y 3 si se tiene en cuenta la demanda máxima (“supply crunch”).

El sistema eléctrico paraguayo funciona con grandes bloques de electricidad en cualquier momento para satisfacer la demanda máxima. Este sistema es muy costoso. Además, el anual pico de demanda más alto de Paraguay es durante el verano e se produce a última hora de la noche, cuando el sol no brilla, lo que hace que la penetración de la energía solar sea menos efectiva si no se tiene en cuenta el almacenamiento, los programas de reducción de la demanda, la complementariedad con la energía hidráulica y la integración regional. La propuesta de un mercado regional de electricidad –Sistema de Integración Energética del Sur (SIESUR)– estructurado en torno a una serie de líneas de transmisión internacionales es prometedora, pero está llena de posibles escollos si no se regula adecuadamente. El establecimiento de un sector de comercio internacional de electricidad que proporcione estabilidad energética y pague precios competitivos por la electricidad sin comprometer la seguridad eléctrica nacional es un reto crítico. Las negociaciones y resoluciones con Argentina, Brasil y Uruguay, entre otros, son necesarias para que ese mercado regional llegue a buen puerto, pero avanza lentamente.

³² Administración Nacional de Electricidad (ANDE), “Flujo de Caja a Largo Plazo 2021–2030” (presentación en PowerPoint, junio de 2020).

³³ ABC Color, “Deuda de la ANDE asciende a US\$ 1.402 millones”, ABC, 29 de junio de 2021, <https://www.abc.com.py/nacionales/2021/06/29/deuda-de-la-ande-asciende-a-us-1402-millones>.

³⁴ ANDE, “Flujo de Caja a Largo Plazo 2021–2030”.

1.4.3 Construcción y eficiencia energética

Aunque el Gobierno de Paraguay ha dado pasos firmes en la planificación de la eficiencia energética, en la práctica se ha hecho muy poco en este frente. La creación del Comité Nacional de Eficiencia Energética en 2011 ayudó a legitimar la eficiencia energética dentro del gobierno, pero una serie de obstáculos y límites en el poder del comité han hecho que no pueda hacer cumplir las decisiones. Por otra parte, el papel de la eficiencia energética está ampliamente asumido por una serie de ministerios sin un líder claro en la regulación desde el punto de vista de la financiación. Como resultado, el sector de la construcción sufre mucho por la falta de directrices de eficiencia debidamente aplicadas, tanto para la selección de materiales (en el caso de los edificios nuevos), como para las adaptaciones subvencionadas (en el caso de los edificios existentes) y los programas de incentivos para los electrodomésticos eficientes. Los edificios residenciales representan un problema acuciante para Paraguay, no sólo por la eficiencia de los electrodomésticos sino también por la elevada carga. El único programa de desgravación fiscal existente que fomenta la construcción sostenible se encuentra en Asunción y experimenta una aceptación muy lenta, por no estar adaptado a los edificios de tamaño pequeño y mediano y no formar parte de una visión coherente más amplia y un paquete normativo sobre edificios sostenibles.

1.4.4 Uso del suelo y sector de la biomasa

La biomasa, específicamente la leña, es la mayor fuente de combustible consumida en Paraguay con el 43% de la demanda final de energía (2019). Según la última fuente, solo el 17% de la demanda de leña se cubre con madera procedente de bosques gestionados. El país sigue eliminando bosques a una de las tasas más altas de toda Sudamérica, con unas 325.000 hectáreas al año, principalmente en la región del Chaco Occidental³⁵. Mientras que el cambio de uso del suelo para el pastoreo de ganado y los desarrollos agrícolas ha aumentado sustancialmente en los últimos años, lo que resulta en una tasa de deforestación cada vez mayor, los bajos precios de la leña y el fácil acceso a las tierras boscosas han creado un fuerte desincentivo para que el sector privado cambie a fuentes de energía más limpias y también han tenido un efecto devastador en los bosques de Paraguay. Las fuentes de energía de biomasa representaron el 80,3% del consumo energético del sector industrial en 2019, y la proporción de energía de biomasa en el sector industrial ha aumentado desde el año 2000. La gran mayoría de la población rural no puede permitirse electrodomésticos eficientes para la transición lejos de la leña para cocinar, y la industria no tiene el incentivo regulatorio o económico para cambiar la biomasa por energía limpia para sus necesidades térmicas. Una política bien redactada no puede aplicarse eficazmente debido a la falta de supervisión administrativa y a la falta de coordinación interministerial, lo que empantana los intentos de reducir la deforestación.

1.4.5 Sector del transporte

Los combustibles importados, como el gasóleo y la gasolina, no sólo cuestan al país 1.300 millones de dólares al año y agravan el riesgo cambiario de Paraguay, sino que también convierten al sector del transporte en el mayor emisor de GEI entre los usos finales de la energía en el país, con aproximadamente el 67% de las emisiones de GEI procedentes del uso de la energía. Los esfuerzos realizados hasta ahora para dar forma al transporte público electrificado no han tenido éxito, incluyendo los intentos de un tránsito rápido de autobuses (BRT) en Asunción, el proyecto ferroviario de Ferrocarriles

³⁵ Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), *Evaluación de los Recursos Forestales Mundiales 2015* (Roma: FAO, 2015), <http://www.fao.org/3/a-i4808e.pdf>.

del Paraguay S.A. (FEPASA) y una flota de autobuses eléctricos, que hasta la fecha sólo ha sido sustituida parcialmente. La falta de requisitos mínimos de eficiencia de combustible y de sanciones por la importación de vehículos de hasta 10 años –la edad más avanzada de los vehículos importados en Sudamérica– dificulta mucho la electrificación de los coches particulares. Algunos proyectos de ley para incentivar los vehículos eléctricos siguen en el Congreso. La expansión de un mercado de hidrógeno verde tiene el potencial de proporcionar un combustible alternativo para el transporte pesado, pero no hay una infraestructura instalada ni una política de regulación para que este tipo de industria se desarrolle. La producción de soja, que podría utilizarse para producir biocombustibles, está orientada a la exportación; la producción de biocombustibles depende de unos pocos cultivos cuyos rendimientos productivos son bajos y no están suficientemente supervisados para evitar el riesgo de exacerbar la deforestación o la conversión del uso del suelo.

1.4.6 Financiación de la descarbonización

Las inversiones en el sector energético previstas en el último plan maestro de la ANDE ascienden a unos 6.300 millones de dólares hasta 2030, de los cuales 1.200 millones corresponden a la generación, 3.000 millones a la transmisión y 2.100 millones a la distribución. La inversión en generación hasta 2040 costará 3.500 millones de dólares. Las obras de información y telecomunicaciones costarán 218 millones de dólares hasta 2025. El importe global del plan maestro es de 9.000 millones de dólares, y las fuentes de financiación siguen sin estar claras.

Si bien la disciplina fiscal del Gobierno de Paraguay ha mejorado enormemente con la Ley de Responsabilidad Fiscal de 2013, siguen existiendo algunos problemas en la gestión de las finanzas públicas: falta de rendición de cuentas a nivel municipal, crecimiento de los salarios públicos no correlacionado con el aumento de las competencias, débil participación pública y una baja relación efectiva entre impuestos y PIB, que actualmente se sitúa en el 14% en comparación con la media latinoamericana del 23%. Esta situación se agrava ahora con la pandemia del COVID-19, que llevará el déficit fiscal del 1,7% en 2019 al 6,5% en 2020. Además, el paquete de recuperación no incluye ninguna disposición específica para promover el crecimiento verde, lo que supone una oportunidad perdida para la descarbonización. También hay una falta de marco para la participación del sector privado en el sector de la energía verde: ley orgánica anticuada de la ANDE, retraso en la aprobación del decreto de aplicación (Decreto nº 5226/2021) de la ley de garantía soberana (Ley nº 6324/2019), ley de PPI mal diseñada (Ley nº 3009/2006), dificultad de acceso a la financiación y falta de incentivos fiscales. Por último, hay presiones políticas para convertir el pago de la deuda de Itaipú en tarifas más bajas para el consumidor, lo que podría privar a Paraguay de recursos muy necesarios.

1.5 Recomendaciones para todos los sectores y niveles de gobierno

Este informe presenta seis ideas generales para su visión de la vía de descarbonización del sector energético de Paraguay:

1. El escenario de cero emisiones de 2050 es factible y deseable. Debe crearse un Ministerio de Energía sólido y capacitado para supervisar la descarbonización del sector energético. La descarbonización debe ser implementada por una ANDE reformada que sea financieramente saludable y operativamente moderna, digitalizada en los servicios que proporciona, y abierta a la participación del sector privado en la generación y distribución de electricidad.

2. El plan maestro de la ANDE debe prever una necesidad masiva de electrificación de los usos finales (vehículos, electrodomésticos, hogares e industria), alineada con el escenario de cero emisiones de 2050. Esta necesidad debe traducirse en inversiones masivas en generación moderna y limpia, principalmente centrales hidroeléctricas binacionales y generación solar combinada con tecnologías de almacenamiento.
3. Para optimizar la inversión en generación y garantizar un crecimiento equilibrado de la carga a medida que crece la demanda, se deben realizar esfuerzos en siete frentes:
 - 1) Minimizar las pérdidas de la distribución comercial y no comercial mediante la digitalización
 - 2) Despliegue de programas de respuesta a la demanda
 - 3) Implantación de tecnologías de almacenamiento de bajo costo
 - 4) Despliegue de programas de incentivos para electrodomésticos eficientes
 - 5) Despliegue de la infraestructura blanda y dura de un mercado energético regional
 - 6) Fomentar el transporte público frente al privado
 - 7) Buscar sistemáticamente el aumento de la eficiencia en todos los usos finales de la energía y desarrollar políticas aplicables asociadas (por ejemplo, códigos de construcción, normas de eficiencia)
4. También hay que introducir el hidrógeno verde y otros combustibles verdes para dejar de depender de la biomasa y los combustibles fósiles insostenibles.
5. La deforestación de los bosques no manejados debe detenerse de inmediato mientras se deben aplicar la política de reforestación y el programa de certificación de biomasa crítica en fase de implementación desde julio de 2021. El desarrollo de combustibles verdes debe implicar, en cambio, el aumento de los rendimientos y tipos de cultivos energéticos del Paraguay para uso doméstico prioritario.
6. Las fuentes de financiación para la descarbonización deberían provenir de ahorros relacionados con la eficiencia energética, reformas fiscales, sistemas sólidos de gestión de ingresos que eviten el despilfarro de gastos recurrentes, la emisión de bonos en condiciones favorables por parte de los socios de los bancos multilaterales de desarrollo (BMD) y la amortización de la deuda de Itaipú, que no debería traducirse totalmente en una reducción de las tarifas al consumidor para la economía nacional.

Dado que la descarbonización de toda la economía implica cinco transiciones paralelas en 1) infraestructura, 2) economía energética, 3) uso del suelo, 4) puestos de trabajo, y 5) leyes y políticas³⁶, a continuación se presentan recomendaciones políticas y tecno-económicas detalladas de acuerdo con estas transiciones. Se dirigen al Gobierno de Paraguay y se pretende que se adopten en plena colaboración con todas las partes interesadas, incluidos el sector privado, los agentes financieros y la sociedad civil.

³⁶ Red de Soluciones para el Desarrollo Sostenible (SDSN), *América's Zero Carbon Action Plan* (SDSN, 2020), <https://irp-cdn.multiscreensite.com/6f2c9f57/files/uploaded/zero-carbon-action-plan%20%281%29.pdf>.

Transición de la infraestructura

- Basar la transición de la infraestructura de Paraguay en cuatro pilares: 1) la expansión de las fuentes de generación de energía renovable, 2) la eficiencia energética, 3) la electrificación de los usos finales, y 4) la captura de carbono cuando sea necesario.
- Aprovechar la digitalización y la tecnología (incluidos los contadores inteligentes) tanto en el hardware como en el software, para garantizar que el funcionamiento sea eficiente (bajas pérdidas técnicas y no técnicas), fácil de gestionar (controlar el crecimiento, la carga de los activos y el mantenimiento), resistente (en caso de fallos, interrupciones) y ágil (abordar los cambios en la demanda y la oferta). Estas tecnologías no requieren avances tecnológicos y pueden aprovechar el talento local.
- Invertir masivamente en fuentes de energía con cero emisiones de carbono y movilizar la complementariedad de los proyectos binacionales y las plantas solares a escala de servicios públicos con almacenamiento en baterías, para hacer frente a la próxima crisis de suministro relacionada con los picos de demanda.
- Aplicar mecanismos e incentivos para garantizar un crecimiento equilibrado de la carga, especialmente en las horas del año en las que la red no experimenta picos de carga y, en última instancia, para garantizar que los factores de carga mejoran a medida que se produce el crecimiento de la carga.
- Examinar los argumentos comerciales para introducir el almacenamiento de energía, como el almacenamiento hidráulico (hydropeaking) y térmico (por ejemplo, el almacenamiento de hielo), y los programas de reducción de la demanda como opciones para gestionar los picos de carga.
- Establecer la infraestructura dura y blanda de un mercado regional de la energía con los vecinos para limitar la inversión excesiva en generación y garantizar al mismo tiempo la seguridad energética.
- Desarrollar estrategias para garantizar el aumento de la eficiencia en todos los usos finales de la energía, y examinar el déficit de financiación necesario para determinar qué incentivos políticos serían necesarios:
 - En los edificios:
 - Adoptar un código de edificación que obligue a adoptar patrones de construcción basados desde el principio en materiales de baja emisión de carbono, electrodomésticos eficientes energéticamente y tecnologías de almacenamiento y ampliar la adopción y promoción de certificaciones (por ejemplo, LEED).
 - Considerar sistemáticamente la rentabilidad de recurrir a tecnologías eficientes para los nuevos edificios, como el almacenamiento de refrigeración por hielo en distritos térmicos combinado con la generación solar en los tejados.
 - Reacondicionar los edificios existentes.
 - Adoptar normas nacionales estrictas sobre eficiencia energética.
 - Incentivar los electrodomésticos eficientes.
 - Establecer precios dinámicos.

- En el transporte:
 - Reactivar los proyectos de electrificación del transporte público de pasajeros (incluidos los sistemas de autobuses y ferrocarriles eléctricos, especialmente en el área metropolitana de Asunción).
 - Llevar a cabo la planificación urbana y el diseño de las carreteras para facilitar un transporte público limpio, fiable y rápido.
 - Anticipar el despliegue de la infraestructura de carga eléctrica para el transporte público y los vehículos eléctricos privados.
 - Planificar una flota de vehículos ligeros totalmente eléctricos, haciendo hincapié en el uso compartido del coche y el transporte público para limitar la necesidad y la demanda de vehículos de propiedad individual;
 - Avanzar en el pilotaje de la infraestructura de hidrógeno verde para vehículos pesados, desarrollando modelos de negocio que impliquen al gobierno, a los fabricantes e importadores de camiones de hidrógeno y al negocio de la carga y el transporte.
- En la industria, optimizar la combinación de energía entre la biomasa sostenible y la electricidad, al tiempo que se modernizan todos los equipos para maximizar la eficiencia.

Transición de la economía energética

- Adoptar medidas inmediatas para descarbonizar el sector energético de Paraguay de forma rentable y productiva, junto con el desarrollo del empleo y el bienestar, asegurándose de que las inversiones de las empresas de servicios públicos aborden no sólo la generación, la transmisión y la distribución, sino también las necesidades de equipos de uso final del consumidor, especialmente las viviendas de las personas de escasos recursos.
- Crear un programa para la difusión a gran escala de electrodomésticos y dispositivos de uso final seguros, eficientes y subvencionados de forma inteligente para los pequeños y medianos consumidores, incluso para la cocina eléctrica y el calentamiento del agua. La electricidad a 20 USD/MWh es una quinta parte del costo de las bombonas de GLP al por menor, y ya existe la red de distribución (es decir, la red de la ANDE). Una adopción incentivada y bien diseñada a lo largo de varios años puede generar un cambio de prácticas, empezando por las poblaciones urbanas.
- Aprovechar los ingresos procedentes del ahorro energético y de la electrificación masiva del uso final de la energía para financiar la descarbonización del sector energético.
- Invertir en la descarbonización del país la única ganancia anual que podría derivarse del pago de la deuda de Itaipú (que corresponde al Gobierno de Paraguay, si las tarifas de Itaipú no se reducen tras un acuerdo bilateral ratificado, o a la ANDE, si las tarifas de Itaipú se reducen, aplicando las condiciones actuales del Anexo C), y considerar que el traspaso de la reducción de las tarifas de Itaipú a los consumidores probablemente deje a la ANDE en peor situación, con pocos beneficios para la economía paraguaya en general.
- Evaluar periódicamente las tarifas y subvenciones de la electricidad para mejorar efectivamente los índices de recaudación y aumentar los ingresos.
- Adoptar nuevos mecanismos de financiación, como los bonos de desarrollo sostenible, los bonos verdes, los bonos en moneda local que apalanquen los fondos de pensiones y los sistemas de

impuestos sobre el carbono (impuesto sobre los combustibles, certificados de ecosistema subas-tables, etc.), aprovechando las experiencias positivas de otros países latinoamericanos.

- Aplicar cualquier aumento de la presión fiscal o del mantenimiento o de las tarifas eléctricas de forma transparente y combinada con incentivos para los hogares a fin de motivar el cambio de comportamiento (electrodomésticos eficientes, reforestación por parte de los propietarios de tierras, etc.) y garantizar la viabilidad política.
- Mejorar significativamente la capacidad del gobierno para recaudar de forma transparente el dinero de los impuestos y gastarlo en bienes públicos y no en gastos recurrentes, para mantener la disciplina macroeconómica mientras se invierte en la transición energética.
- Trabajar con los países de altos ingresos socios de Paraguay para solicitar que los socios a largo plazo entre los BMD, como la CAF y el BID, apoyen la financiación del desarrollo a largo plazo aprovechando sus condiciones de mercado altamente favorables (como los largos plazos y los bajos tipos de interés) y trasladándolas a Paraguay como país receptor, permitiendo así que Paraguay se endeude a una escala y en unas condiciones similares a las que disfrutaban los países desarrollados.
- Solicitar a los donantes que mantengan y promuevan una regulación reforzada para las inversiones tanto públicas como privadas.
- Promover la inversión en energías limpias y sectores industriales de carbono cero en el país y la región –incluyendo baterías de iones de litio, tecnologías de almacenamiento de hielo y centros de datos– para crear un bucle de retroalimentación entre la industria y la energía por el cual la industria ancla la demanda de electricidad y el desarrollo de habilidades, y a su vez un sistema eléctrico robusto, limpio y moderno apoya la industrialización robusta y de carbono cero del país.

Transición del uso del suelo

- Planificar la política en torno al nexo clima-suelo-energía, dado que la descarbonización requiere tierras para la conservación de los bosques y el fin de la deforestación (con prioridad), sumideros de carbono en el suelo, materias primas de biomasa sostenibles y la ubicación de infraestructuras energéticas con cero emisiones de carbono.
- Aumentar los rendimientos de los cultivos energéticos en Paraguay, diversificar los cultivos energéticos, aplicar de manera consistente la política de reforestación y el programa de certificación de biomasa crítica en fase de implementación desde julio de 2021, y priorizar el uso interno sobre la exportación, para garantizar el suministro de biomasa para consumo directo y para la producción de biocombustibles y asegurar la sostenibilidad ambiental y social de los proyectos de biomasa y biocombustibles.
- Fomentar la reducción del consumo y la mayor eficiencia de la biomasa por parte de los sectores residencial e industrial, exigiendo niveles mínimos de eficiencia para los equipos, estableciendo cuotas de consumo de biomasa para uso energético, creando programas de incentivos para eliminar el consumo de biomasa por parte de las cocinas en las zonas urbanas, e introduciendo progresivamente el hidrógeno verde como combustible alternativo en el sector industrial.

- Vigilar la deforestación con drones y satélites aéreos, para poner fin inmediatamente a la deforestación de los bosques vírgenes; intensificar los esfuerzos de reforestación; y buscar apoyo internacional para la conservación de los bosques y la reforestación.

Transición al empleo

- Promulgar políticas laborales y educativas para la reconversión y la mejora de las cualificaciones y proporcionar ayuda financiera para apoyar a los que pueden perder a causa de la transición, en particular en los sectores dependientes de los combustibles fósiles y biomasa.
- Centrarse en la formación de puestos de trabajo basados en competencias en la industria ecológica y la construcción de edificios, dos sectores que experimentarán cambios drásticos en las próximas décadas.
- Dar prioridad al uso de la tecnología y los conocimientos informáticos para digitalizar el sector eléctrico y promover una mano de obra competente.

Derecho y política de transición

- Llevar a cabo un estudio en profundidad de los cambios en las infraestructuras en los próximos 10 años –que incluya un ejercicio de macromodelación para priorizar la inversión y diseñar los escenarios fiscales asociados–, establecer objetivos claros y esbozar políticas para alcanzarlos.
- Establecer un Ministerio de Energía robusto y bien financiado como punto de partida para supervisar el sector de la electricidad, modernizar el sistema eléctrico, supervisar el rendimiento de la ANDE para mejorar su eficiencia y abrirse al sector privado mediante un plan maestro para definir y aplicar la visión a largo plazo del país y una estrategia presupuestada a corto plazo para el desarrollo de la energía, incluida la vía de descarbonización.
- Reforzar considerablemente el Comité Técnico de Eficiencia para lograr un aumento significativo de la eficiencia en toda la economía, en estrecha coordinación con la ANDE.
- Reformar la gobernanza, el ámbito y los métodos de la ANDE mediante una revisión de su ley orgánica, adaptándola a un sector eléctrico cambiante, para permitir que la ANDE se abra al sector privado (empezando por el segmento de la generación), participe en servicios de valor añadido y busque sistemáticamente la eficiencia.
- Crear fuertes canales de coordinación dentro del gobierno, especialmente entre el MADES, el INFONA, el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG), el Ministerio de Industria y Comercio y el Ministerio de Trabajo, Empleo y Seguridad Social.
- Promulgar y aplicar sistemáticamente una visión coherente y una normativa sobre edificios sostenibles, que incluya códigos que exijan que las nuevas construcciones de gama alta sean sensibles a la red y eficientes y la aplicación de normas estrictas de eficiencia de electrodomésticos.
- Promulgar y hacer cumplir de forma coherente la normativa sobre la antigüedad de los vehículos importados (siguiendo las tendencias mundiales y continentales), las normas de emisión, la biomasa sostenible y la participación pública en la elaboración de políticas.

- Establecer una interfaz con el Ministerio de Hacienda para permitir la participación del sector privado en las infraestructuras.
- Llevar a cabo análisis de costo-beneficio antes de la concesión de cualquier incentivo fiscal para fomentar la descarbonización de toda la economía, y revisar periódicamente los incentivos fiscales para garantizar que el gasto sea eficaz y no suponga un despilfarro.
- Aplicar una sólida planificación política y la participación de las partes interesadas en relación con las difíciles compensaciones entre las opciones tecnológicas, el uso del suelo y el empleo.

Abordar el desafío de las emisiones de GEI y la descarbonización es necesario para liberar el vasto potencial económico nacional de Paraguay, así como para permitir a Paraguay cumplir con su compromiso de cambio climático en el marco del Acuerdo de París. Los suministros y servicios de energía limpia de alta calidad serán fundamentales para el crecimiento económico continuo de Paraguay y el desarrollo sostenible en un mundo comprometido con la descarbonización. Este informe aprovecha los avances mundiales en tecnologías verdes para forjar un camino de descarbonización para Paraguay, satisfaciendo al mismo tiempo las crecientes necesidades energéticas del país. Analizando datos y escenarios tanto en Paraguay como a nivel internacional, este informe ofrece el siguiente cronograma de recomendaciones para la descarbonización completa para 2050.

La SDSN ha aconsejado a los países que desean descarbonizarse que adopten un enfoque retrospectivo, es decir, que partan del objetivo final, que es la neutralidad del carbono y la descarbonización de las infraestructuras, y que trabajen hacia atrás para comprender lo que hay que hacer a corto y medio plazo. Por lo tanto, antes de redactar un proyecto de ley o de diseñar una política, es necesario determinar lo que ésta debe lograr y, para ello, es necesario comprender la transición física hasta el estado final³⁷.

Este enfoque no implica que las políticas permanezcan invariables y fijas durante décadas. Al contrario, las políticas de transición energética deben adaptarse a los cambios y progresos de las tecnologías y la ciencia. Sin embargo, es necesario actuar urgentemente ahora sobre la base de los conocimientos actuales, así como una hoja de ruta hacia el objetivo final. Un plan a largo plazo también facilita el compromiso de las partes interesadas y la comprensión de la sociedad³⁸ sobre las formas de lograr una transición justa³⁹.

Esta es la mentalidad de la siguiente hoja de ruta, que es *sólo ilustrativa*. El Gobierno de Paraguay deberá realizar cuidadosamente los estudios en profundidad necesarios para su posterior elaboración e implementación.

³⁷ Plataforma Caminos 2050, *2050 Pathways: A Handbook* (Caminos 2050, 2017), <https://2050pathways.org/wp-content/uploads/2017/09/2050Pathways-Handbook-1.pdf>.

³⁸ Como se discutió en la Conferencia sobre “Estrategias a largo plazo y nuestras CND”, 25 de junio de 2021, Panel: Qué son las LTS y NDC en el contexto de Ministerio de Hacienda.

³⁹ Plataforma Caminos 2050, *2050 Pathways: A Handbook*.

Tabla 3: Resumen de las recomendaciones del informe por sectores

Sector	Subsector	Indicador	2023	2030	2040	2050	Actor(es) clave
Electricidad	Generación	Porcentaje de electricidad en la matriz energética	19%	24%	33%	41%	Gobierno central y ANDE
		Digitalización de la cuota de generación	10% de la capacidad	35% de la capacidad	>75% de la capacidad	100% de la capacidad	ANDE
		Estudio de viabilidad de la hidroeléctrica y el almacenamiento en hielo y despliegue de la hidroeléctrica y el almacenamiento en hielo	100%				ANDE
	Transmisión	Digitalización de la cuota de transmisión	12% de la red	50% de la red	80% de la red	100% de la red	ANDE
		Porcentaje de pérdidas técnicas (24,53% en 2018)	22%	18%	14%	10%	ANDE
		Factor de carga (55,8% en 2019)	59%	62%	67%	75%	ANDE
	Distribución	Número de pérdidas no técnicas (2.808 en 2018)	2.450	2.000	1.500	1.100	ANDE
		Tasa de recogida (% clientes)	72%	80%	100%	-	ANDE
	Gobernanza	Instalación de contadores inteligentes en el área metropolitana	8% de los clientes	40% de los clientes	85% de los clientes	100% de los clientes	ANDE
		Porcentaje de la región municipal con zonas de energía	25%	100%	-	-	Gobierno central
		Penetración de la educación en las zonas rurales	5%	40%	100%	-	ANDE y Ministerio del Interior

Sector	Subsector	Indicador	2023	2030	2040	2050	Actor(es) clave
		Progreso del despliegue de los programas de precios dinámicos y respuesta a la demanda	100%	-	-	-	ANDE y MOF
		Avances en la creación del Ministerio de Energía, el contrato de gestión con la ANDE y la reforma de la ley de creación de la ANDE	100%	-	-	-	ANDE, VMME y Gobierno Central
		Plan de integración regional (interacciones diplomáticas, estructura de gobierno, planes de inversión...)	100%				ANDE, VMME y Gobierno Central
Eficiencia	Energía	Puntuación RISE del Banco Mundial (55 en 2017)	59	62	70	75	ANDE y VMME
		Energía total ahorrada por las medidas de eficiencia	50 MW	400 MW	703 MW	1000 MW	ANDE y VMME
		Porcentaje de aparatos con etiquetas falsas actualmente en el mercado	80%	0%	-	-	Gobierno central
	Edificios	Desarrollo de un código nacional de construcción	100%				
		Número de edificios con certificación LEED en Paraguay	12	32	60	100	Gobierno central
		Porcentaje de edificios nuevos en Asunción que cumplen con la ordenanza de construcción ecológica	15%	100%	-	-	Gobierno de la Ciudad de Asunción

Sector	Subsector	Indicador	2023	2030	2040	2050	Actor(es) clave
		Número de edificios adaptados al nivel de carbono cero	15%	50%	75%	100%	Gobierno central
		Cuota del calentador de agua solar residencial rural	0%	7%	15%	25%	Gobierno central
		Cuota del calentador de agua solar residencial urbano	0%	5%	16%	30%	Gobierno central
Biomasa	Consumo industrial	Actualización de la maquinaria eléctrica Ahorro neto de la demanda de energía	10%	20%	25%	30%	VMME y Gobierno Central
		Producción de energía de cogeneración Ahorro neto de la demanda de energía	5%	10%	15%	20%	VMME y Gobierno Central
		Porcentaje de la demanda energética industrial proveniente de la biomasa	27%	25%	20%	15%	Gobierno central
	Consumo residencial	Porcentaje de hogares que utilizan la cocina eléctrica	50%	72%	92%	100%	ANDE y VMME
		Porcentaje de la demanda de energía rural para cocinar	40%	23%	3%	0%	Gobierno central
		Porcentaje de la demanda energética urbana para cocinar	4%	2%	0%	0%	Gobierno central
	Deforestación	Cantidad de deforestación de bosques naturales	300.000 hectáreas	150.000 hectáreas	0 ha	-	INFONA
		Porcentaje de madera vendida ilegalmente en el mercado negro	90%	0%	0%	0%	INFONA

Sector	Subsector	Indicador	2023	2030	2040	2050	Actor(es) clave
	General	Porcentaje de la matriz energética total procedente de leña y carbón sostenibles	10%	41%	41%	41%	INFONA, VMME y ANDE
		Precio regulado de la leña en el mercado	USD¢ 1/kWh	8 USD/kWh	-	-	Ministerio de Hacienda e INFONA
Transporte	Vehículos eléctricos privados	Porcentaje de la flota privada como eléctrica	1%	20%	50%	75%	Gobierno central
		Número de vehículos eléctricos y/o híbridos	13.556	267.118	667.796	1.001.693	Gobierno central
	Vehículos privados	Pilas de combustible de hidrógeno (ktep)	0	14	86	171	VMME
		Demanda de energía para biocombustibles (ktep)	616	1.690	2.513	2.616	VMME
	Transporte público	Porcentaje de la flota de autobuses públicos como BEV eléctricos	5%	24%	57%	80%	Gobierno central
		Número de autobuses eléctricos BEV en Paraguay	500	3.000	5.532	7.710	Gobierno central
		Porcentaje de la flota de autobuses públicos como hidrógeno/eléctrico	0%	4%	10%	18%	Gobierno central
		Número de autobuses eléctricos/de hidrógeno en Paraguay	0	376	925	1.735	Gobierno central
		Número de kilómetros de línea de metro y tren eléctrico	0	347	547	800	Gobierno central

Sector	Subsector	Indicador	2023	2030	2040	2050	Actor(es) clave
	Estaciones de carga	Porcentaje de población con acceso a una estación de recarga en un radio de 25 km	5%	25%	60%	90%	Itaipú, ANDE y VMME
		Número de estaciones de carga en Paraguay	30	200	500	1.000	Itaipú, ANDE y VMME
Financiación	Estructuras financieras públicas	Relación entre impuestos y PIB	16%	20%	22%	24%	Banco Central
		Tipo impositivo (ingresos e IVA)	12%	16%	16%	16%	Banco Central
		Índice de calidad regulatoria del Banco Mundial (-0,2 en 2019)	0	0,2	0,35	0,5	Gobierno central
		Gobierno de Paraguay Gasto del PIB	1.5%	-	-	-	Banco Central
		Impuesto sobre el carbono Comercio Inversión en créditos (acumulativo)	413.500 dólares	827.000 dólares	4.135.000 dólares	8.270.000 dólares	VMME y Gobierno Central
		Fondos destinados a la consolidación de la deuda para la descarbonización	800 millones de dólares	6.400 millones de dólares	14.400 millones de dólares	24.400 millones de dólares	Ministerio de Hacienda
	Inversión privada	Porcentaje de bonos que son verdes/de desarrollo sostenible	5%	20%	40%	75%	Ministerio de Hacienda
		Puntuación de la CFI en materia de financiación medioambiental para la inversión privada (sobre 60)	6	15	36	60	Ministerio de Hacienda

Sector	Subsector	Indicador	2023	2030	2040	2050	Actor(es) clave
		Inversores privados como porcentaje de la financiación total de infraestructuras	10%	25%	40%	50%	Ministerio de Hacienda
Emisiones de GEI	Reducción de emisiones	Emisiones GWP (millones de toneladas métricas de CO ₂ e)	7,6	6,5	3,0	0,54	VMME
	Productos petrolíferos	Porcentaje de productos petrolíferos en la matriz energética	43%	25%	9%	1%	Gobierno central y ANDE

2. El sector eléctrico en Paraguay

Este capítulo, que se basa en el contenido y los resultados del informe de 2013 y los actualiza, consta de cinco secciones. En la sección 2.1 se analiza la situación actual de la electricidad en Paraguay, proporcionando una visión general de las fuentes de energía, la oferta y la demanda interna, los costos de generación y las tarifas eléctricas. La sección 2.2 destaca las limitaciones institucionales y los problemas técnicos que enfrenta el sector. El apartado 2.3 presenta las inversiones previstas en el país, su estrategia energética y los distintos escenarios de demanda de electricidad proyectados y los puntos de equilibrio. La sección 2.4 examina las soluciones que el gobierno puede adoptar para abordar los problemas del sector eléctrico de Paraguay y prepararse para la descarbonización. La sección 2.5 resume las conclusiones y recomendaciones del capítulo.

2.1 Situación actual

2.1.1 Capacidad y fuentes de energía

Paraguay es uno de los países con mayor potencial hidroeléctrico per cápita. Según estimaciones, tiene recursos para producir 111TWh/año de energía hidroeléctrica, de los cuales 68 TWh/año se consideran económicamente explotables.⁴⁰ Casi toda la electricidad de Paraguay procede de tres centrales hidroeléctricas situadas en el río Paraná⁴¹ (Tabla 4). La mayor parte de sus 8.810 MW de capacidad nominal de generación proviene de la presa de Acaray y de dos presas hidroeléctricas binacionales, Itaipú y Yacyretá. La presa de Itaipú es de propiedad y operación conjunta con Brasil (7.000 MW para cada país), mientras que Yacyretá es un proyecto binacional con Argentina (1.600 MW para cada país).⁴²

Tabla 4: Fuentes de energía de Paraguay, 2019

		Nominal	Nominal Paraguay	Real Paraguay	Energía disponible	
		(MW)	(MW)	(MW)	(GWh/año) ⁴³	
Itaipú	Hidro	14.000	7.000	6.068	39.448,9	80,0%
Yacyretá	Hidro	3.200	1.600	1.175	9.017,0	18,2%
Acaray	Hidro	210	210	200	979,9	1,8%
Otros	Térmico	25	25	25	1,8	0,0%
Total		17.435	8.835	7.468	49.447,6	

Fuente: Elaboración propia a partir de PNUD (datos de 2017)⁴⁴ y VMME (datos de 2019)⁴⁵.

⁴⁰ Consejo Mundial de la Energía, “Capítulo 5: Hydro”, en *Los Recursos Energéticos Mundiales* (Consejo Mundial de la Energía, 2013), https://www.worldenergy.org/assets/images/imported/2013/10/WER_2013_5_Hydro.pdf.

⁴¹ La presa de Acaray no se encuentra en el río Paraná, sino en el río Acaray. Sin embargo, la cuenca sí se corresponde con el río Paraná, ya que la presa de Acaray se encuentra unos kilómetros más arriba de la desembocadura del río Acaray en el río Paraná.

⁴² VMME, *Balance Energético Nacional 2019*.

⁴³ Dada la extrema sequía de 2019, estos valores no son demostrativos de los promedios históricos de producción de energía, sin embargo podrían reflejar el futuro de la energía hidroeléctrica en Paraguay dados los crecientes efectos del cambio climático. Los promedios de producción en 2018, como referencia fueron: Itaipú: 47.312,8 GWh/año, Yacyretá: 10.814,4 GWh/año, Acaray: 1.083,7 GWh/año, Otros: 1,6 GWh/año.

⁴⁴ Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), *Paraguay: Matriz Energética y Sector Eléctrico* (PNUD, 2017), https://www.undp.org/content/dam/paraguay/docs/INDH%202019-2020/INDH_Cap%204_200330_CC.pdf.

⁴⁵ VMME, *Balance Energético Nacional 2019*.

2.2 Suministro doméstico

La energía hidroeléctrica representa el 99,99% de la electricidad suministrada en el país. La mayor parte de esta energía hidroeléctrica se compra a las dos entidades hidroeléctricas binacionales de Itaipú y Yacyretá (Tabla 5).

Tabla 5: Suministro de electricidad

	GWh (2019)	%
Generado		
Acaray	979,9	1,8
Itaipú	39.448,9	80,0
Yacyretá	9.017,0	18,2
Térmico	1,8	0,0
Suministro total	49.447,6	100,0
Se vende		
Itaipú (Venta a Brasil)	24.280,2	49,1
Yacyretá (Venta a Argentina)	7.467,8	15,1
Total vendido	31.748,0	64,2
Uso doméstico	13.229,4	26,8
Pérdidas del sistema	4.470,5	9,0

Fuente: VMME⁴⁶.

2.2.1 Demanda

La cobertura eléctrica se expandió rápidamente en la última década y alcanzó a todos los hogares en 2018 (Tabla 6), frente al 97% en 2010⁴⁷. El uso residencial es el principal impulsor del consumo de electricidad (43,1%), por delante del uso industrial (18,6%) y del comercial (18,1%)⁴⁸.

Tabla 6: Demanda de electricidad

	GWh (2019)	%
Residencial	5.534,0	43,1
Comercial	2.323,1	18,1
Industrial	2.390,9	18,6
Alumbrado público y otros	2.591,8	20,2
Media (uso doméstico)	12.839,8	100,0
Consumo de ANDE	389,6	
Total	13.229,4	

Fuente: VMME⁴⁹.

⁴⁶ VMME, *Balance Energético Nacional 2019*.

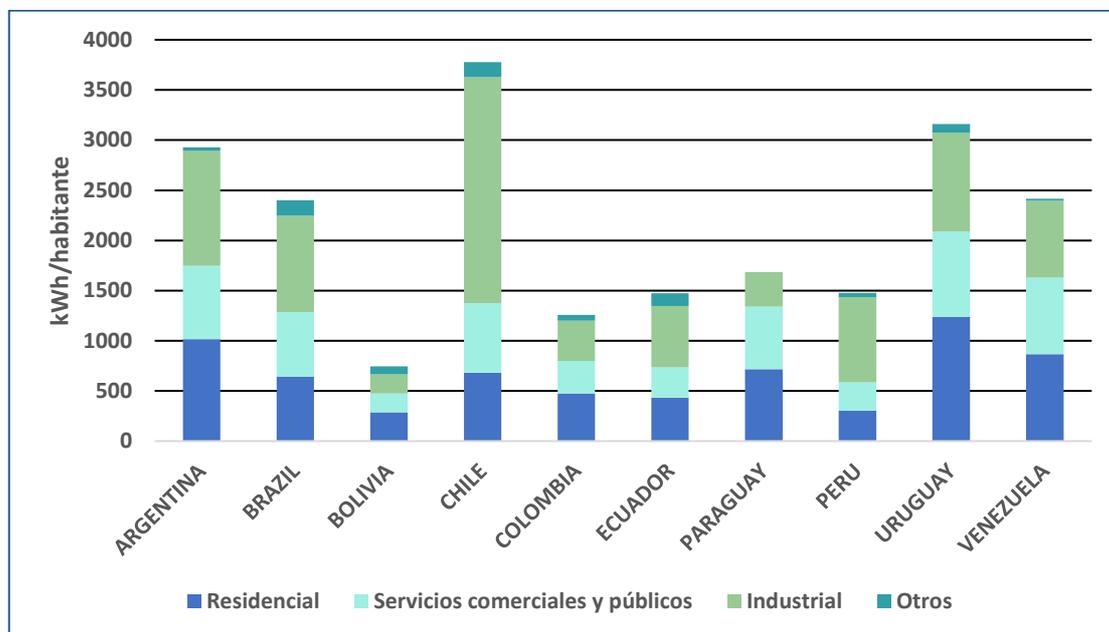
⁴⁷ “Acceso a la electricidad (% de la población)”, Datos del Banco Mundial, Banco Mundial AIE y the Energy Sector Management Assistance Program, 2019, <https://data.worldbank.org/indicator/EG.ELC.ACCS.ZS?locations=PY>.

⁴⁸ VMME, *Balance Energético Nacional 2019*.

⁴⁹ VMME, *Balance Energético Nacional 2019*.

La Figura 13 muestra que el consumo promedio per cápita en 2017 fue muy inferior al de los países vecinos y apenas superior a los niveles de consumo observados en Colombia, Ecuador y Perú. Paraguay se destaca entre los promedios regionales con la mayor proporción de consumo residencial con un 42,5%.

Figura 14: Consumo de electricidad en Paraguay comparado con la región (2017)



Fuente: Elaboración propia a partir de AIE (datos de 2017)⁵⁰ y Banco Mundial (datos de población de 2017)⁵¹.

La demanda máxima de energía ha crecido a una media nominal del 9% anual, pasando de 1.892 MW en 2010⁵² a 3.777 MW en 2021⁵³, liderada principalmente por el crecimiento de la demanda máxima en el sector residencial.

En este sentido, en los últimos diez años, el factor de carga de la red de transporte –la media anual dividida por la demanda máxima– ha caído por debajo del 60% (véase la Figura 14). Este descenso es característico de una demanda impulsada por los hogares. El consumo de energía en los hogares no es constante a lo largo del día y genera ineficiencias sin medidas de gestión de la oferta y la demanda, que se recomiendan en el capítulo 3.

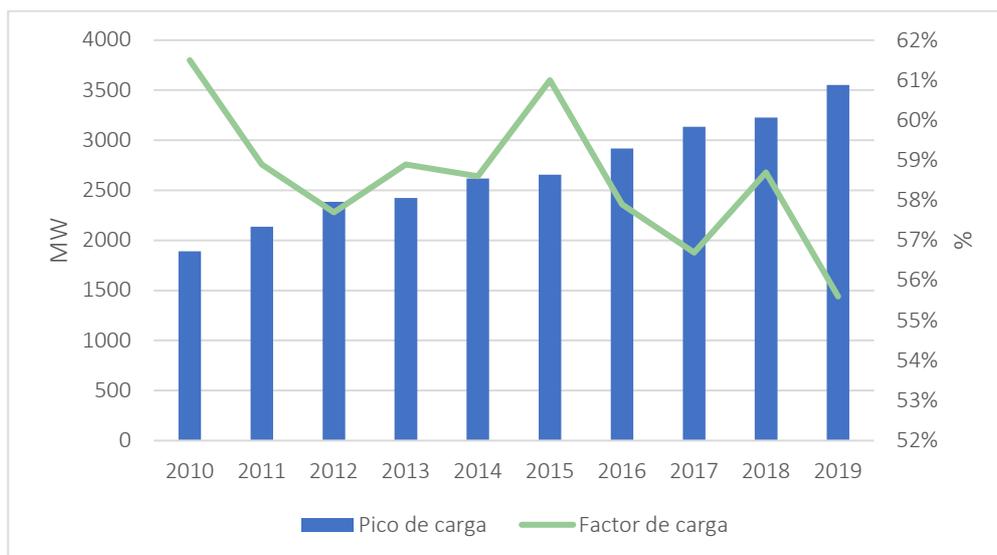
⁵⁰ “Countries and Regions”, Electricity Consumption, AIE, AIE, 2021, <https://www.iea.org/countries>.

⁵¹ “Población, total”, Datos del Banco Mundial, Grupo del Banco Mundial, <https://data.worldbank.org/indicador/SP.POP.TOTL>.

⁵² ANDE, *Memoria Anual 2018* (Asunción: ANDE, 2019), https://www.ande.gov.py/documentos_contables/651/memoria_anual_2018.pdf.

⁵³ Presentación de ANDE, División de Estudios Energéticos, 2021.

Figura 15: Carga máxima y factor de carga



Fuente: Elaboración propia a partir de la ANDE⁵⁴.

Más concretamente, la demanda residencial actual alcanza su punto máximo cuando las cargas de CA son elevadas. Un simple modelo de regresión muestra que la carga dependiente de la temperatura puede llegar a representar el 46% de la carga total durante los picos de verano. La tasa de propiedad de unidades de CA está aumentando rápidamente durante los últimos años, según la encuesta de ANDE, del 36,5% en 2013 al 42,7% en 2017. La carga resultante debe ser caracterizada y modelada cuidadosamente, ya que los perfiles de carga actuales no siguen la sabiduría convencional en otros climas cálidos. Mientras que las cargas en otros lugares siguen predominantemente los patrones de temperatura y humedad, en Paraguay la combinación de patrones de ocupación del espacio y el uso de unidades de aire acondicionado de ventana menos eficientes impulsan las cargas nocturnas de verano que alcanzan su punto máximo a última hora de la noche (causadas por el calentamiento de las viviendas durante el día)⁵⁵.

2.2.2 Costo y precio de la electricidad

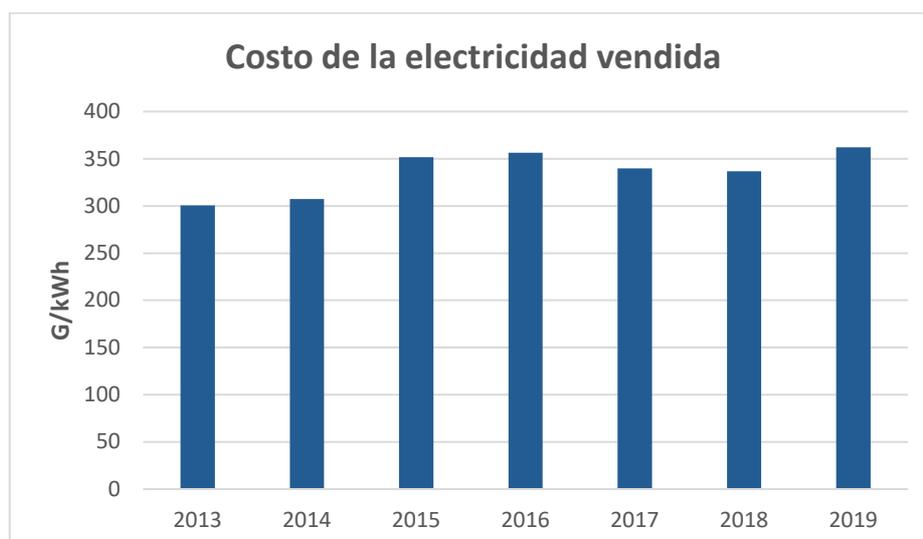
Debido a la característica única del sector eléctrico de basarse casi exclusivamente en la energía hidroeléctrica, el costo propio de generación de ANDE es particularmente bajo, con un promedio de USD\$ 0,02/kWh en 2019⁵⁶. Sin embargo, la mayor parte de la electricidad que distribuye ANDE es comprada (véase Tabla 7), por lo que en Paraguay el indicador del costo global de la electricidad es el costo de la electricidad vendida y no el costo propio de generación de ANDE. En general, el costo de la electricidad vendida ha aumentado tras las obras de infraestructura realizadas por la ANDE desde 2013 (como se muestra en la Figura 15).

⁵⁴ ANDE, *Memoria Anual 2019*.

⁵⁵ Vijay Modi, Yinbo Hu y Yuezhi Wu, *Modelización: Comprender la rentabilidad potencial de las opciones para que Paraguay satisfaga las necesidades futuras de energía y de potencia máxima* (Nueva York: Columbia University, 2021), <https://ccsi.columbia.edu/content/paraguay-energy>.

⁵⁶ ANDE, *Estado de Resultados: Enero de 2020* (Asunción: ANDE, 2020), https://www.ande.gov.py/documentos_contables/671/estado_de_resultados_-_enero_2020.pdf.

Figura 16: Costo global de la electricidad: 362,2 PYG/kWh o 0,056 USD/kWh en 2019



* El tipo de cambio es el de diciembre de 2019 de 6.451,74 PYG. = 1 USD. Fuente: ANDE⁵⁷.

Como muestra Tabla 7, los costos de transporte ascendieron a 17,64 PYG/kWh en 2019 (alrededor de 0,27 USD/kWh), lo que supone un descenso del 14,8% entre 2018 y 2019. Además, los costos de distribución disminuyeron un 25,6% en el mismo periodo, alcanzando los 26,93 PYG/kWh en 2019 (alrededor de 0,42 USD/kWh)⁵⁸. En 2023, la deuda de Itaipú será pagada, por lo que después de 2023 el costo de la electricidad comprada a Itaipú podría bajar hasta unos USD¢ 1,5/kWh⁵⁹, ya que la tarifa actual pagada a Itaipú incluye el pago de la deuda contraída para financiar el costo de capital original (véase el capítulo 7 para una mayor discusión sobre este punto).

Tabla 7: Costos globales de la electricidad vendida en 2019

	PYG/kWh	USD¢/kWh*
Generación	1,38	0,02
Electricidad comprada	261,59	4,05
Transmisión	17,64	0,27
Distribución	26,93	0,42
Consumidores	10,65	0,16
Administración	15,17	0,24
Depreciación	28,85	0,45
Total	362,20	5,61

Nota: Tipo de cambio medio oficial del Banco Mundial para diciembre de 2019: 1 USD = 6.451,74 PYG ⁶⁰ Fuente: ANDE⁶¹

⁵⁷ ANDE, *Memoria Anual 2019*.

⁵⁸ ANDE, *Resumen Estadístico 2014–2018* (Asunción: ANDE, 2019), https://www.ande.gov.py/documentos_contables/652/resumen_estadistico_2014-2018.pdf.

⁵⁹ ANDE, “Flujo de Caja a Largo Plazo 2021–2030”.

⁶⁰ El desglose de los costos de la electricidad vendida se calculó hallando el porcentaje del gasto total de cada subsector y tomándolo como parte del costo total de la electricidad para 2019.

⁶¹ ANDE, *Estado de Resultados: Enero de 2020*; ANDE, *Memoria Anual 2019*.

La tarifa eléctrica media nacional equivale a unos USD¢ 5,94/kWh, muy por debajo de la tarifa media latinoamericana de USD¢ 13,5/kWh⁶². Las tarifas han aumentado una vez en los últimos años (casi un 27% desde 2014) para mantenerse en el nivel de recuperación de costos; están ligeramente por encima del costo de la electricidad vendida (en 0,34 USD/kWh)⁶³. Además, el Pliego n.º 21 ha introducido la fijación de precios dinámicos en 2017 y se analiza en la sección 2.4.2.2.

Tabla 8 muestra que la estructura tarifaria incluye una subvención cruzada implícita de los clientes residenciales o comerciales a los usuarios industriales, con usuarios industriales que pagan menos por kWh que los usuarios residenciales/comerciales. Además, en 2018, una tarifa social benefició a 289.395 clientes (el 20,3% de los clientes domésticos) y costó al gobierno 61.345 millones de PYG (unos 9,18 millones de USD)⁶⁴.

Tabla 8: Estructura tarifaria

	PYG/kWh (2019)	USD¢/kWh*
Comercial y residencial	425,7	6,60
Industrial	278,4	4,32
Gobierno	384,8	5,96
Alumbrado público	387,3	6,00
Media (uso doméstico)	383,0	5,94

Nota: Tipo de cambio medio oficial del Banco Mundial para diciembre de 2019: 1 USD = 6.451,74 PYG.

Fuente: ANDE⁶⁵.

Según la Ley 3480/2008, la tarifa social se dirige a los clientes residenciales de baja tensión que consumen menos de 300 kWh al mes. Los hogares que presenten una declaración jurada que justifique su bajo nivel de ingresos pueden solicitar beneficiarse de la tarifa (Tabla 9)⁶⁶. Los beneficiarios de los programas sociales administrados por la Secretaría de Acción Social (SAS) son automáticamente elegibles para la tarifa social⁶⁷. Tres departamentos concentran la mayor parte de los usuarios de la tarifa social: Caazapa (59%), San Pedro (58%) y Guairá (55%)⁶⁸.

⁶² “Precios de la electricidad para los hogares, diciembre de 2020”, Precios de la electricidad, GlobalPetrolPrices, https://www.globalpetrolprices.com/electricity_prices.

⁶³ Tarifa media para uso doméstico (0,0594 USD/kWh) – Costo de la electricidad vendida (0,0561 USD/kWh).

⁶⁴ ANDE, *Resumen Estadístico 2014–2018*.

⁶⁵ ANDE, *Compilación Estadística 1999–2019* (Asunción: ANDE, 2019), https://www.ande.gov.py/documentos_contables/706/ande_-_compilacion_estadistica_1999-2019.pdf.

⁶⁶ Véase el Decreto N° 6474/2011.

⁶⁷ Toledano et al., *Leveraging Paraguay's Hydropower for Sustainable Economic Development*.

⁶⁸ ANDE, *Memoria Anual 2019*.

Tabla 9: Estructura de la tarifa social y beneficiarios

Consumo de los hogares	Tipo de descuento en la tarifa eléctrica	Beneficiarios	Porcentaje del total de clientes residenciales
0 - 100 kWh al mes	75%	144.809	11,30%
101 - 200 kWh al mes	50%	97.535	7,61%
201 - 300 kWh al mes	25%	38.396	3,00%
Total		280.741	21,90%

Fuentes: Elaboración propia con base en la ANDE⁶⁹ y el Decreto N° 6474/2011.

2.3 Problemas del sector eléctrico

2.3.1 Problemas técnicos

El sistema eléctrico de Paraguay no cuenta con suficientes líneas de transmisión de alta tensión. El Sistema Interconectado Nacional depende en gran medida de una red troncal de 4.727 km de líneas de transmisión de 220 kV complementada por 1.355 km de líneas de transmisión de 66 kV, y 95 subestaciones de transmisión con sólo 727 km de líneas de transmisión de 500 kV, lo que significa 0,014 km de líneas de transmisión de 500kV por GWh producido (ver Tabla 10). Con esta configuración, la fiabilidad del suministro eléctrico es muy vulnerable a los fallos del sistema de transmisión y distribución.

Tabla 10: Infraestructura de transmisión de electricidad en Paraguay, 2020–2030

	Existente a partir de diciembre de 2020	Previsto para 2030 (Plan Maestro 2021-2030 de la ANDE)
Longitud de las líneas de transmisión (km)		
500 kV	727	2.076
220 kV	4.727	7.042
66 kV	1.355	1.847
Potencial instalado en transformadores (MVA)		
500/220 kV	5.350	12.235
220 kV / 66 kV	3.545	5.538
220 kV/23 kV	3.525	7.610
66 kV /23 kV	2.772	5.200

Fuente: ANDE⁷⁰.

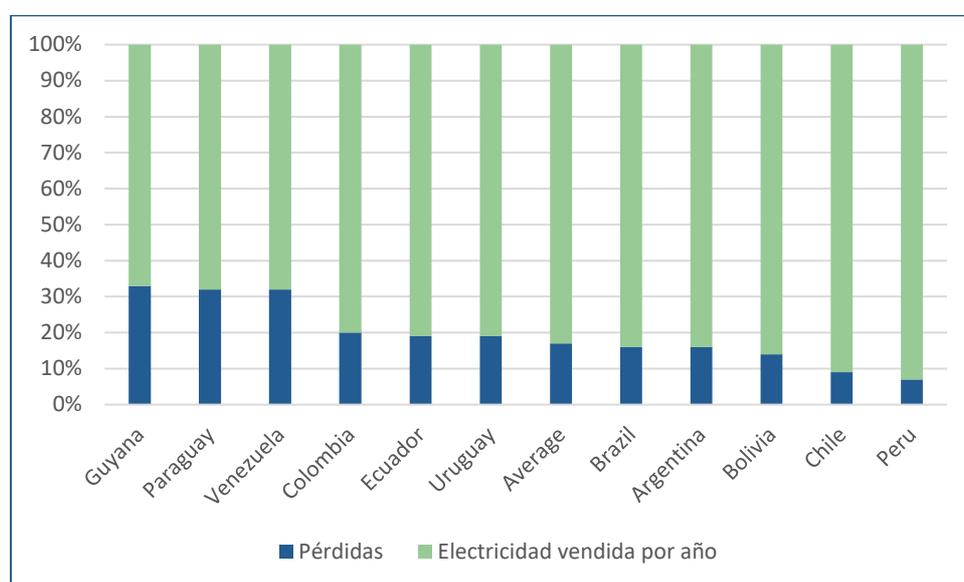
⁶⁹ ANDE, *Memoria Anual 2019*.

⁷⁰ ANDE, *Plan Maestro de Obras 2021–2030* (Asunción: ANDE, 2021), https://www.ande.gov.py/plan_maestro.php.

Las pérdidas del sistema siguen siendo muy elevadas: el 25,8% de la electricidad disponible en 2019⁷¹ (frente al 15,6% en Latinoamérica en 2014 según los últimos datos disponibles)⁷². En términos absolutos, las pérdidas han aumentado un 20% entre 2014 y 2019 (de 3.398.104 MWh a 4.470.000 MWh)⁷³. Pérdidas totales del sistema representan un déficit de ingresos estimado de 163 millones de dólares al año para la ANDE, asumiendo la tarifa media nacional de 2019 y unas pérdidas residuales del 10%, un porcentaje de pérdidas ideal.

Figura 16 compara las pérdidas de Paraguay con las del resto de Sudamérica en 2014⁷⁴ y sitúa a Paraguay entre los países con mayores pérdidas del continente, empatado en segundo lugar con Venezuela y justo detrás de Guyana.

Figura 17: Promedio anual de ventas de electricidad y pérdidas de distribución por porcentaje (2009–2014)



Fuente: BID⁷⁵.

Mientras que el sistema de transmisión tuvo una pérdida de 918 GWh (5,3%) en 2019, los sistemas municipales de distribución de 23 kV tuvieron una pérdida de 3.568 GWh (20,6%) de electricidad, con el 31,4% de esta pérdida de distribución proveniente del área metropolitana de Asunción, el 28,9% proveniente del departamento de Alto Paraná, el 9,2% del departamento de Caaguazú, el 7,7% del departamento de Itapuá, y el resto de las regiones, que aportan el 7% o menos de las pérdidas de distribución restantes cada una⁷⁶.

⁷¹ ANDE, *Compilación Estadística 1999–2019*.

⁷² “Electric power transmission and distribution losses (% of output) – Latin America & Caribbean”, Datos del Banco Mundial, AIE Estadísticas y OCDE/AIE, 2014, <https://data.worldbank.org/indicador/EG.ELC.LOSS.ZS?locations=ZJ>.

⁷³ ANDE, *Resumen Estadístico 2014–2018*; VMME, *Balance Energético Nacional 2019*.

⁷⁴ Según el conocimiento de los autores, no se dispone de estimaciones más recientes.

⁷⁵ Raúl Alberto Jiménez Mori, Tomás Serebrisky y Jorge Enrique Mercado Díaz, *Power Lost: Sizing Electricity Losses in Transmission and Distribution Systems in Latin America and The Caribbean* (Washington D.C.: BID, 2014), <https://publications.iadb.org/en/power-lost-sizing-electricity-losses-transmission-and-distribution-systems-latin-america-and>.

⁷⁶ ANDE, *Memoria Anual 2019*.

Como se observó en 2013, la falta de inversión en la red eléctrica ha dado lugar a una sobrecarga del sistema de distribución con demasiadas etapas de transformación, a una gestión inadecuada de la carga y a una compensación inadecuada de la reactiva en las subestaciones. Como en el Cuadro 2 muestra, ha habido una serie de proyectos desde 2013 que han ayudado a resolver algunos de estos problemas.

Cuadro 2: Proyectos más importantes de desarrollo de la red eléctrica durante el periodo 2013–2018

25 nuevas subestaciones: De estas nuevas instalaciones, todas están actualmente en funcionamiento (Villa Hayes, Salto del Guaira, Cambyreta, Barrio San Pedro, Capitán Bado, Catuete, Fernando de la Mora, Microcentro, Mburucuya, Cila Aurelia, Itakyy, Itacurubi del Rosario, Abai, Pirapo, Parque Industrial Hernandarias, Del Este, Vaquería, Juan León Mallorquín, Jepopyhy, Mariano Roque Alonso, Barrio Molino, Minga Porá, La Colmena, Altos, y Fram).

Ampliaciones y adiciones a las subestaciones existentes: Las principales mejoras se han realizado en Lambare, Puerto Botánico, Villa Hayes y Tres Bocas.

Dos líneas de transmisión de 500 kV entre Itaipú y Villa Hayes y Yacretá y Villa Hayes: (2013)

Refuerzo del Sistema Oriental: (2015) 150 km de línea de 220 kV entre Itakyry, Catuete y Salto del Guaira

Refuerzo del Sistema Norte: (2016) 340 km de línea de 220 kV entre Itakyry, Curuguatye y Capitán Bado

Línea de transmisión de doble terna: (2016) Línea de transmisión de 220 kV desplegada entre Villa Hayes y Puerto Sajonia.

Repotenciación: Durante este periodo se repotenciaron 525 km de líneas de 220 kV y 66 kV, así como 70 km de líneas de diferentes tensiones.

La financiación procede de bonos soberanos, la CAF, el Banco Interamericano de Desarrollo, el FOCEM, Itaipú, el Banco Europeo de Inversiones, el fondo de desarrollo de la OPEP y las Asociaciones Público-Privadas.

Fuente: ANDE⁷⁷

Como resultado, el suministro de energía que circula por el sistema de transmisión ha aumentado en más del 70% desde 2015⁷⁸, y la instalación de las líneas de 500 kV Itaipú-Villa Hayes y Yacretá-Villa Hayes ha ayudado a reducir las pérdidas de transmisión y ha dado lugar a menos fluctuaciones de tensión. El despliegue de líneas de transmisión de 500 kV previsto en el Plan Maestro de Transmisión 2021–2030 debería resolver aún más este problema, y se espera que las pérdidas de transmisión disminuyan por debajo del 5% y rondan el 3% para el año 2030 (ver Tabla 11).

⁷⁷ ANDE, *Memoria Anual 2018*.

⁷⁸ Cecilia O. Sotes, *Marco de Asociación con el país para la República del Paraguay para el período FY19–FY23* (Washington D.C.: Banco Mundial, 2018), <http://documents1.worldbank.org/curated/en/891841547849263157/pdf/131046-Corrigendum-PUBLIC-after-1-22-Final-R2018-0269-1.pdf>.

Tabla 11: Pérdidas de transporte a partir de 2021–2030

Año	Generación (MW)				Cargas (MW)			%
	Itaipú	Yacyretá	Acaray	Total	ANDE	Ventas	Pérdidas	
2021	3.063	852	218	4.133	3.981	25	127	4,5%
2022	3.157	847	218	4.222	4.061	25	136	4,6%
2023	3.399	754	173	4.326	4.159	25	142	4,6%
2024	2.742	1.530	183	4.455	4.311	25	119	3,6%
2025	2.903	1.530	160	4.593	4.437	25	131	3,7%
2026	3.031	1.530	256	4.817	4.664	25	128	3,4%
2027	3.387	1.530	256	5.173	5.024	25	124	3,1%
2028	3.677	1.530	256	5.463	5.311	25	127	2,9%
2029	4.058	1.530	256	5.844	5.678	25	141	3,0%
2030	4.385	1.530	256	6.171	5.990	25	156	3,1%

Fuente: ANDE⁷⁹.

Sin embargo, el problema persiste en el sistema de distribución, ya que las pérdidas relativas de distribución se han mantenido constantes en los últimos años (véase Tabla 12).

Tabla 12: Pérdidas medias del sistema en porcentaje (2014–2018)

	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Pérdidas de transmisión	6,10	6,21	6,18	5,76	5,36	5,30
Pérdidas en la distribución	19,20	19,07	19,49	19,91	19,17	20,60
Pérdidas totales	25,30	25,28	25,67	25,67	24,53	25,80

Fuente: ANDE⁸⁰.

Las pérdidas en la distribución son de dos tipos: técnicas y no técnicas o comerciales.

2.3.2 Pérdidas no técnicas / comerciales

Las pérdidas comerciales son pérdidas no técnicas causadas por acciones externas a la infraestructura eléctrica. Consisten en el robo de electricidad a través de conexiones ilegales a la red o la manipulación de los contadores de consumo, errores en la contabilidad y el mantenimiento de registros, y el impago por parte de los clientes (véase Tabla 13). Aunque es difícil de cuantificar, hay pruebas que sugieren que este tipo de pérdidas no son insignificantes en Paraguay⁸¹. Para abordar las pérdidas comerciales, la ANDE ha estado trabajando para reemplazar los medidores obsoletos anualmente, principalmente mediante la integración de dispositivos de medición electrónicos y electromecánicos

⁷⁹ ANDE, *Plan Maestro de Obras 2021–2030*.

⁸⁰ ANDE, *Compilación Estadística 1999–2019*.

⁸¹ Juan José Encina, “Las pérdidas eléctricas de ANDE”, *ABC*, 23 de abril de 2019, <https://www.abc.com.py/edicion-impresa/suplementos/economico/las-perdidas-electricas-de-ande-1756120.html>.

en el sistema. En 2019, había 86.971 medidores electromecánicos y 1,52 millones de medidores electrónicos Paraguay. Como resultado, la división actual de los medidores instalados es de 5,42% para los electromecánicos y 94,58% para los electrónicos⁸².

Por lo tanto, la instalación de un chip SIM u otra tecnología de supervisión y medición es costosa, al igual que todo el proceso. Muchos transformadores asociados a las líneas de 23-kV y 220-kV no disponen de contadores a distancia, aunque está previsto actualizarlos dentro de unos años según el nuevo Plan Maestro⁸³. Los índices de cobro de facturas también son bajos, e incluso los grandes consumidores, incluidas las entidades del sector público, no siempre reciben facturas por su consumo de electricidad. Tabla 13 identifica los tipos y la frecuencia de las pérdidas no técnicas que ANDE registró en 2018.

Tabla 13: Tipos de pérdidas no técnicas detectadas, 2019

Tipo de irregularidad	Cantidad	Porcentaje
Derivación antes del contador	877	34,97%
Conexión directa sin contador	842	33,57%
Conexión directa con el contador	323	12,88%
Derivación en el terminal de entrada del contador	129	5,14%
Otros	81	3,23%
Manipulación interna del contador	77	3,07%
Neutro aislado	54	2,15%
Medidor acostado	45	1,79%
Puente en el terminal del contador	44	1,75%
Contador roto	17	0,68%
Conexión del contador con terminal invertido	16	0,64%
Luz del vecino	2	0,08%
Aumento de la potencia sin la aprobación de la ANDE	1	0,04%
Total	2,508	100,00%

Fuente: ANDE⁸⁴.

Debido a la pandemia de COVID-19, las deficiencias del ciclo de facturación de la ANDE salieron a la luz en 2020. Como consecuencia del distanciamiento social y el trabajo a distancia, se descuidó el análisis de la medición de los sistemas actuales durante tres meses. Alrededor de junio de 2020, la ANDE comenzó a facturar a los clientes con precios inflados o estimados con poco uso de los datos de medición. Para evitar problemas económicos, el gobierno promulgó una ley para eliminar las facturas de los clientes que consumían menos de 500 kWh al mes. Así, las consecuencias de la medición infrecuente provocaron una importante disminución de los ingresos presupuestarios durante el primer semestre de 2020⁸⁵.

⁸² ANDE, *Memoria Anual 2019*.

⁸³ ANDE, entrevista de los autores, septiembre de 2020.

⁸⁴ ANDE, *Memoria Anual 2019*.

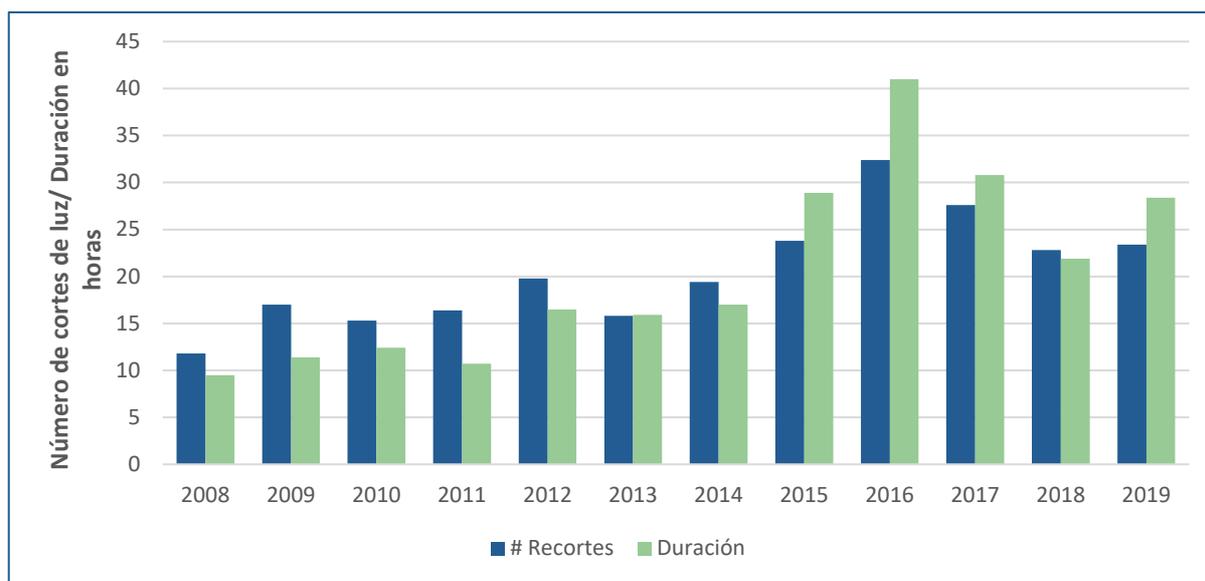
⁸⁵ Actores locales, entrevista de los autores, julio de 2020.

Pérdidas técnicas

La infraestructura de distribución funciona cerca de sus límites técnicos térmicos, y los choques o el exceso de demanda provocan constantes cortes y averías. El clima cálido del verano, las fuertes lluvias y las tormentas eléctricas provocan regularmente la activación de los dispositivos de protección de las líneas de transmisión, causando interrupciones. En septiembre de 2020, las temperaturas superiores a los 42 grados C (las más altas registradas) provocaron cortes de electricidad para 90.000 clientes en Asunción durante más de seis horas⁸⁶. En 2019, los clientes del área metropolitana de Asunción se enfrentaron a 23,4 interrupciones por un total de 28,4 horas⁸⁷, pero el número de interrupciones ha comenzado a disminuir desde 2016 según la ANDE (ver Figura 17). A esta disminución contribuye la implementación de una actualización en dos fases de los conductores en las líneas de distribución de media y baja tensión en el área metropolitana: Se sustituyeron 5.921 km de conductores del tipo desnudo por el tipo premontado y protegido en toda la ciudad. El proyecto pone de manifiesto los beneficios de los esfuerzos de la ANDE por reducir las pérdidas de distribución⁸⁸.

La capacidad adicional de transformación y compensación reactiva para apoyar la red de distribución de la ANDE, tal y como se prevé en el Plan Maestro 2021–2030, es fundamental para evitar una crisis de suministro y prevenir un mayor deterioro de la calidad y la fiabilidad de la electricidad.

Figura 18: Número medio de cortes de electricidad anuales y duración estimada en Asunción



Fuente: ANDE⁸⁹.

Consecuencias económicas de los problemas técnicos

Las empresas que operan en Paraguay identifican la electricidad como una limitación importante. De 364 empresas encuestadas en el país en 2017⁹⁰, el 30,9% identifica la electricidad como una limitación

⁸⁶ Actores locales, entrevista de los autores, septiembre de 2020.

⁸⁷ ANDE, *Memoria Anual 2019*.

⁸⁸ ANDE, *Memoria Anual 2018*.

⁸⁹ ANDE, *Compilación Estadística 1999–2019*.

⁹⁰ “World Bank Enterprise Survey Results for Paraguay”, World Bank Enterprise Survey Database, Banco Mundial, última modificación en 2017, <https://www.enterprisesurveys.org/en/data/exploreeconomies/2017/paraguay>.

importante del entorno empresarial (frente al 37,7% en 2010) y el 5,7% estimó que la electricidad es la limitación más importante; en general, la electricidad se clasificó como la quinta limitación más importante para las empresas. Esto coloca a Paraguay en una situación comparable a la de Perú o Uruguay⁹¹. Sin embargo, el impacto de los cortes eléctricos en las actividades manufactureras o exportadoras es mucho mayor en Paraguay que en estos dos países, como se muestra en Tabla 14.

Tabla 14: Impacto de las restricciones eléctricas en las empresas

	Paraguay	Perú	Uruguay
Sobrevivido	364	1003	347
Porcentaje de empresas que identifican la electricidad como un obstáculo importante	30,9%	27,5%	55,0%
Fabricación	38,8%	32,4%	65,5%
Venta al por menor	26,2%	20,5%	65,7%
Servicios (Todos)	27,9%	23,7%	51,9%
Otros servicios	29,1%	24,4%	43,8%
Pérdidas por cortes eléctricos, en % del total de las ventas anuales	2,5%	2,1%	0,3%
Fabricación	2,6%	1,9%	0,3%
Venta al por menor	3,1%	2,9%	0,6%
Servicios (Todos)	2,5%	2,3%	0,4%
Otros servicios	2,1%	2,1%	0,2%

Fuente: Banco Mundial⁹².

Los frecuentes cortes de electricidad provocan importantes pérdidas por las ventas no realizadas y los equipos dañados. Se estima que en 2017 estas pérdidas representaron alrededor del 2,5% del total de las ventas anuales de la industria manufacturera en Paraguay (Tabla 15).

⁹¹ La electricidad como la limitación más importante: Colombia (2,2%, puesto 11°), Perú (4,6%, puesto 8°), Argentina (2,1%, puesto 9°), Uruguay (7,7%, puesto 6°), Chile (7%, puesto 6°), Brasil (0%, no está entre los 10 primeros).

⁹² “World Bank Enterprise Survey Results for Paraguay”, World Bank Enterprise Survey Database.

Tabla 15: Preguntas relacionadas con la electricidad de la Encuesta de Empresas 2017

Economy	Argentina	Bolivia	Brazil	Chile	Colombia	Ecuador	Paraguay	Peru	Uruguay	Venezuela	Latin America & Caribbean
Percent of firms experiencing electrical outages	65.1	35.1	45.8	42.6	53.9	62.4	83	52.2	56.6	64.6	64.8
Number of electrical outages in a typical month	0.8	0.6	1.6	0.7	0.8	1.2	1.7	0.5	0.8	2.6	2.1
If there were outages, average duration of a typical electrical outage (hours)	5.2	1.3	4.2	2.3	2.8	1	1.2	4.6	4.4	2.1	2.7
If there were outages, average losses due to electrical outages (% of annual sales)	0.8	0.9	3.4	1.3	1.9	1.1	2.5	2.1	0.3	8.3	1.7
Percent of firms owning or sharing a generator	17.8	4.6	7.9	40.5	17.7	24.8	19.5	17.5	12.6	14.6	26
If a generator is used, average proportion of electricity from a generator (%)	3.5	14.2	7.4	4.1	23.5	4.6	19.2	6.6	1.6	40.1	14.5
Days to obtain an electrical connection (upon application)	53.5	30	27.7	21.1	59.6	18.1	12.1	79	34.2	13.9	32.1
Percent of firms identifying electricity as a major constraint	47.2	23.6	46	30.1	50.1	27.4	30.9	27.5	55	54.2	36.6

Fuente: Banco Mundial⁹³.

2.3.3 Limitaciones institucionales

Como se señaló en el informe de 2013, faltan incentivos para que la ANDE reduzca las pérdidas en el sistema y aumente la eficiencia operativa. Los índices de ejecución de la ANDE son bajos, y el rendimiento de la recaudación se estima en solo un 67% en 2018⁹⁴.

En primer lugar, aunque la ANDE propone una tarifa anual, ésta debe ser aprobada por el Equipo Económico Nacional, que está formado por el Banco Central y los Ministerios de Obras Públicas y Comunicaciones, Hacienda, Agricultura y Ganadería, Comercio e Industria. Por lo tanto, la decisión sobre la tarifa eléctrica está muy politizada, en lugar de reflejar los verdaderos costos de explotación y las necesidades de inversión. Además, no existe un mecanismo establecido para ajustar la tarifa en función de los cambios en la estructura de costos⁹⁵.

El Pliego n° 21 de 2017 ajustó las tarifas eléctricas de los grandes consumidores e introdujo la fijación de precios dinámicos (como se ha mencionado anteriormente y se explica más adelante en la sección 2.4.2.2), pero no actualizó la tarifa social.⁹⁶ Por lo tanto, las tarifas sociales en este ajuste seguían sin tener en cuenta la disposición a pagar del consumidor y solo se basan en el consumo de energía por debajo de un umbral establecido, independientemente de los ingresos.

⁹³ “World Bank Enterprise Survey Results for Paraguay”, World Bank Enterprise Survey Database.

⁹⁴ ANDE, *Memoria Anual 2018*.

⁹⁵ Expertos locales, entrevista de los autores, octubre de 2020.

⁹⁶ Gobierno de Paraguay, *Pliego de Tarifas No. 21* (Asunción: Gobierno de Paraguay, 2019), <https://www.ande.gov.py/docs/tarifas/PLIEGO21.pdf>.

Esta forma de fijar la tarifa social podría no abordar el problema de la pobreza energética, que es una de las principales razones para fijar la tarifa social. La pobreza energética se produce cuando una familia gasta más del 10% de sus ingresos en energía⁹⁷. El acceso a la electricidad del 100% de la población en general en Paraguay, realizado en 2018⁹⁸, esconde que la pobreza energética sigue afectando a un número de ciudadanos a pesar de la existencia de la tarifa social, como demuestra un estudio realizado en la comunidad periurbana de Carmen Soler⁹⁹.

Dado el costo anual de las subvenciones a la electricidad, que ronda los 9,2 millones de dólares¹⁰⁰, y la existencia de una pobreza energética persistente, es necesario vigilar de cerca la disposición a pagar de los beneficiarios, así como ajustar constantemente el nivel de las subvenciones al poder adquisitivo de los mismos. Aunque esta subvención la concede el Ministerio de Hacienda y no afecta a las finanzas de la ANDE, parte de ella podría representar ingresos no percibidos por el sector eléctrico.

Además, el hecho de que sigan existiendo subvenciones cruzadas de los clientes comerciales y residenciales de baja tensión a los usuarios industriales aumenta el riesgo de que la ANDE no cobre una tarifa que, por término medio, se ajuste al nivel de recuperación de costos. Como se recomendaba en el informe de 2013, es fundamental realizar una evaluación técnica periódica del nivel de las tarifas para garantizar que estas se fijen siempre al nivel adecuado. Aunque el costo de la capacidad y de la electricidad vendida relacionada podría bajar una vez que se pague la deuda de Itaipú en 2023, el Congreso podría decidir disminuir también las tarifas, y el pequeño diferencial entre el costo de la electricidad vendida y la tarifa podría seguir siendo el mismo, por lo que la vigilancia en ese asunto podría seguir siendo crítica.

En segundo lugar, los márgenes operativos se reducen en 20–30 millones de dólares por año fiscal con la transferencia de estos fondos al Ministerio de Hacienda desde la ANDE. En total, se han transferido al Ministerio de Hacienda unos 250 millones de USD de esta manera, y podría justificarse una revisión técnica para evaluar si la transferencia de estos fondos está justificada o si debieran utilizarse para reinvertir en infraestructuras.

En tercer lugar, la ANDE sufre el riesgo de cambio inherente a sus flujos de ingresos. Prácticamente el 54% de los gastos de ANDE son en USD: los pagos de intereses, por la compra de energía a Itaipú y Yacyretá, y por la compra de equipos se realizan mayoritariamente en USD. En cambio, los ingresos de la ANDE, recibidos en forma de tarifas de los clientes, son en un 88% en PYG¹⁰¹. Este desajuste genera pérdidas de ingresos en caso de variación del tipo de cambio. Como el PYG sigue depreciándose frente al USD, los ingresos de la ANDE frente a sus costos son cada vez menores.

⁹⁷ “Share of households' expenditure on electricity, gas and other housing fuels”, Comisión Europea: Energía, Unión Europea, 2012, https://ec.europa.eu/energy/content/share-households-expenditure-electricity-gas-and-other-housing-fuels_en.

⁹⁸ “Acceso a la electricidad (% de la población)”, Datos del Banco Mundial.

⁹⁹ PNUD, *Informe Nacional sobre Desarrollo Humano. Paraguay 2020: Energía y Desarrollo Humano* (Asunción: PNUD, 2020), <https://www.py.undp.org/content/paraguay/es/home/library/informe-nacional-sobre-desarrollo-humano---paraguay-2020--desarr.html>.

¹⁰⁰ ANDE, *Resumen Estadístico 2014–2018*.

¹⁰¹ ANDE, “Flujo de Caja a Largo Plazo 2021–2030”.

Como se mencionó anteriormente, este contexto se agrava ahora con la crisis de COVID-19, que desencadenó una degradación de la deuda de la ANDE (también analizada en el capítulo 7)¹⁰². Curiosamente, ni siquiera una disminución de la tarifa de Itaipú restablecería de forma duradera la salud financiera de la ANDE¹⁰³. Por lo tanto, la mejora de sus resultados de distribución y recaudación es aún más crítica.

Por último, en el sector eléctrico existe una falta de coordinación durante la fase de planificación de las futuras inversiones. Si bien el VMME es responsable de la estrategia del sector energético a nivel nacional, existe poca coordinación con el Plan Maestro de la ANDE para el sector eléctrico. El VMME no tiene ni la capacidad humana (cantidad de empleados y acceso a fuentes de experiencia) ni los medios financieros para desempeñar eficazmente su función¹⁰⁴. Tamaño de la ANDE (4.914 empleados en 2018¹⁰⁵, un 31% más que en 2011) y su influencia política le otorgan acceso directo a los ejecutivos del gobierno, pasando así por encima del VMME. Las cantidades necesarias para financiar las inversiones previstas en los planes maestros se han pagado directamente a la ANDE y no se han canalizado a través de la VMME: La Ley 966/1964, “Ley Orgánica de la ANDE”, permite a la ANDE gestionar sus propios recursos sin necesidad de validar sus planes con otras instituciones¹⁰⁶. Al mismo tiempo, la ANDE no ha sido sometida a una revisión contable externa, por lo que hay poca transparencia en cuanto a su balance.

2.4 Inversiones previstas y estrategia energética

2.4.1 Plan Maestro de Generación 2021–2040 de la ANDE, Planes Maestros de Transmisión y Distribución 2021–2030 y Plan Maestro de Información y Telecomunicaciones 2021–2025

El Plan Maestro de la ANDE 2021–2040, documento oficial de la ANDE en el que se destacan los proyectos específicos y los planes de expansión en generación hasta el año 2040 y en la red hasta el año 2030, se centra fundamentalmente en el despliegue de obras de generación y transmisión que permitan satisfacer el crecimiento de la demanda máxima con un margen de reserva de generación razonable (10%), y aumentar la fiabilidad del suministro eléctrico. En este plan, la ANDE asume una tasa de crecimiento medio anual de la demanda del 4,88% entre 2021 y 2040 (y del 5,9% entre 2021 y 2030). Por primera vez, la ANDE ha desplegado una planta de digitalización.

Se espera que el plan maestro hasta 2030 cueste unos 6.300 millones de dólares, de los cuales 1.200 millones corresponden a la generación¹⁰⁷, 3.000 millones a las inversiones en transmisión y 2.100 millones a la distribución¹⁰⁸. La inversión en generación hasta 2040 costará 3.500 millones de dólares. Se espera que las obras de información y telecomunicaciones cuesten 218 millones de dólares hasta 2025.

¹⁰² ABC Color, “Deuda de la ANDE asciende a US\$ 1.402 millones”.

¹⁰³ ANDE, “Flujo de Caja a Largo Plazo 2021–2030”.

¹⁰⁴ Cecilia Llamosas, Paul Upham y Gerardo Blanco, “Múltiples Corrientes, Resistencia y Cambio de Política Energética en Paraguay (2004–2014)”, *Energy Research & Social Science* 42 (2018), 226–236.

¹⁰⁵ ANDE, *Memoria Anual 2018*.

¹⁰⁶ El presupuesto de la ANDE que se financia con bonos y préstamos se beneficia de la supervisión del Ministerio de Hacienda.

¹⁰⁷ ANDE, Plan Maestro de Obras 2021–2030.

¹⁰⁸ ANDE, *Plan Maestro de Obras 2021–2030*.

Proyectos de generación de energía

El plan de la ANDE tiene como objetivo aprovechar el potencial hidroeléctrico nacional restante con ajustes tanto en las grandes como en las pequeñas centrales hidroeléctricas (véase Tabla 16 y la Figura 18)¹⁰⁹. En la actualidad, sólo está financiada y en ejecución la adaptación de la central de Acaray, con la ayuda de un préstamo de 125 millones de dólares del Banco Interamericano de Desarrollo (BID)¹¹⁰. Con la drástica caída del costo de la energía solar en los últimos cinco años desde el último Plan Maestro de la ANDE y un potencial de 1.110 millones de MWh/año de generación de electricidad a partir de la energía solar, la ANDE ha impulsado una serie de planes de parques solares fotovoltaicos y de desarrollo de baterías de almacenamiento.

Tabla 16: Proyectos de generación de electricidad previstos por la ANDE 2021–2040 por región de explotación

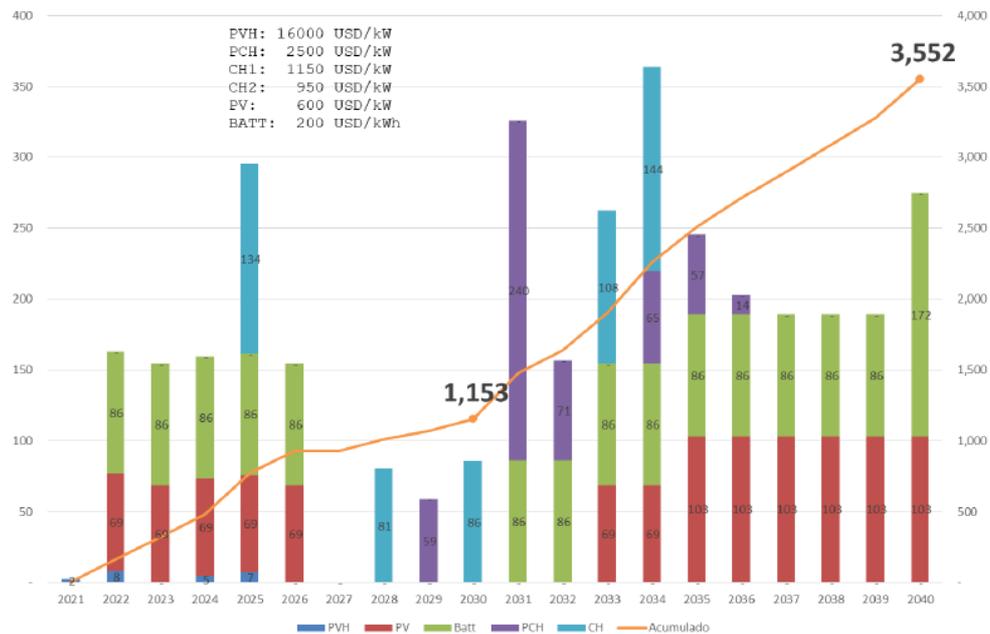
Inversiones previstas	MW (Capacidad)	Costo (millones de dólares)	Fecha prevista
Las centrales hidroeléctricas en el río Paraguay	168	252	
Río Paraguay B	72	108	2033
Río Paraguay A	96	144	2034
Ampliación de Acaray	83	322	
Reacondicionamiento de la actual central de producción de energía eléctrica	0	155	2025
C.A.P. Yguazú	35	81	2028
Unidades nuevas	48	86	2030
Pequeños proyectos hidroeléctricos	84	506	
Norte	10	59	2029
Este	47	311	2032
Central	11	65	2034
Sur	16	71	2036
Proyectos de energía solar fotovoltaica (incluidos los híbridos)	1706	1123	
Metropolitana	100	69	2024
Central	200	138	2026
Occidental	1406	916	2040
Bancos de baterías	1600	1376	
Occidental	100	86	2023
Metropolitana	600	516	2026
Norte	300	258	2036
Central	200	172	2037
Sur	100	86	2039
Este	300	258	2040
Total	3641	3579	

Fuente: Elaboración propia a partir del Plan Maestro de Generación 2021–2040 de la ANDE.

¹⁰⁹ ANDE, *Plan Maestro de Obras 2021–2030*.

¹¹⁰ IRENA, Aporte a la Contribución Nacionalmente Determinada Mejorada de la República de Paraguay.

Figura 19: Costo de la generación prevista a lo largo del tiempo (eje izquierdo: MW, eje derecho: millones de dólares)



Fuente: Plan Maestro de Generación 2021–2040 de la ANDE.

Leyenda: PVH: Híbrido Solar-Batería-Diésel; PCH: Pequeña Central Hidroeléctrica, CH1: Central Hidroeléctrica construida mediante la motorización de una presa existente, CH2: Central Hidroeléctrica de pasada con esclusas de navegación, PV: Parques Solares, BATT: Almacenamiento en batería.

En el Plan Maestro de Generación 2021–2040, la ANDE introduce un total de 11 proyectos solares. Aunque están diseñados para ayudar a cubrir tanto la demanda media como los picos de la red, la ANDE está interesada en la generación de energía solar con almacenamiento en baterías para ayudar a reducir los picos de demanda de las horas del mediodía y la medianoche del día. Al ayudar a compensar estas horas punta, la energía solar ayudará a la ANDE a reasignar la energía de las fuentes hidroeléctricas binacionales para que se utilice de forma más eficaz y ayude a reducir los picos de carga y a mejorar los factores de carga¹¹¹. En la región occidental del Chaco, donde hay altos niveles de radiación solar y un acceso reducido a la electricidad en comparación con el promedio nacional (90,4% de acceso a la electricidad en 2017)¹¹², se planea el desarrollo de 8 proyectos híbridos de energía solar y diésel fuera de la red, mientras que el Parque Loma Plata es el único parque solar fotovoltaico previsto para la región occidental y está conectado a la región central a través de una línea de 220 kV. Está previsto que Loma Plata se construya en 2022 y se proyecta inicialmente con 100 MW¹¹³. Sin embargo, después de la finalización de la primera etapa del parque, la ANDE planea añadir siete expansiones a Loma Plata, cada una con una capacidad de entre 100 y 150 MW, con la expansión final prevista para su finalización en 2040. En total, se espera que la región occidental de Paraguay aumente la capacidad de generación solar fotovoltaica/híbrida en 1406 MW para 2040. Además, se mencionan dos parques

¹¹¹ ANDE, Plan Maestro de Obras 2021–2030.

¹¹² El valor del 90,4% es una media ponderada por población de los tres departamentos que componen la región del Chaco: Boquerón, Alto Paraguay y Presidente Hayes. PNUD, *Informe Nacional sobre Desarrollo Humano. Paraguay 2020: Energía y Desarrollo Humano*.

¹¹³ Francisco Escudero, *Integración Energética Regional* (ANDE, 2021), https://www.face-book.com/watch/live/?v=107951451275346&ref=watch_permalink.

solares fotovoltaicos para las regiones Metropolitana (Parque Solar Valenzuela) y Central (Parque Solar Carayao). Estos dos parques están previstos para proporcionar 100 MW y 200 MW de capacidad, respectivamente.

Debido a la resistencia de la población a cualquier fuente de energía que no sea la hidroeléctrica¹¹⁴ (que se analiza con más detalle en el apartado 2.4.1) y a la falta de conexión a la red, la generación intermitente de diésel sigue siendo la principal fuente de electricidad en las regiones occidentales, junto con el uso de la insostenible leña como fuente de energía (véase el capítulo 5). En este contexto, el plan de la ANDE de invertir en energía solar fotovoltaica descentralizada es un avance positivo. En muchos países, los productores independientes de energía (PPI) gestionan efectivamente la energía descentralizada. Permitir la participación de los PPI (véase el debate sobre sus retos en el capítulo 7) podría liberar las finanzas públicas y ayudar a la ANDE a concentrarse en su deber más importante: una red que funcione bien. Además, el plan sigue sin aclarar por qué se incluye el diésel en las plantas híbridas y si se eliminará el diésel y cuándo. Sin embargo, como se indica más adelante, la ANDE se está preparando para la ampliación de la red al Chaco, que en última instancia debería sustituir a estos sistemas híbridos descentralizados.

Infraestructura de transmisión

Cerca del 53% de la nueva infraestructura de transmisión servirá al área metropolitana de Asunción, y cerca del 37% de la inversión apoya la expansión de la red de 500kV (con el resto para 220kV y 66kV).

Se prevé la construcción de seis proyectos de líneas de transmisión de 500 kV para 2030. Cuatro líneas (8.000 MW) deben conectar la presa de Itaipú con Asunción: una línea de 360 km entre Margen Derecha y Villa Hayes, dos líneas de 200 km entre Yguazú y Valenzuela, y una línea de 54 km entre Margen Derecha y Yguazú (para la que el Congreso aprobó la financiación de un préstamo en 2019)¹¹⁵. Para conectar Asunción con la presa de Yacyretá se han previsto dos líneas (4.000 MW): una de 230 km entre Ayolas y Valenzuela y otra de 255 km entre Emboscada y Horqueta. Así, la ANDE está ultimando una interconexión conjunta entre Itaipú y Yacyretá, que proporcionará una columna vertebral de infraestructura de transmisión crítica para la optimización de la infraestructura de transmisión, así como una mayor flexibilidad y fiabilidad del sistema.

Con la inclusión de estas líneas de transmisión más eficientes, se espera que las pérdidas técnicas de la infraestructura de transmisión disminuyan al 3,1% en 2030.

Además, la ANDE prevé la construcción de cinco subestaciones en el Chaco a partir de 2030. Mientras tanto, el plan incluye el desarrollo de dos líneas de 220 kV en el Chaco, aunque todavía no se han facilitado detalles concretos.

Infraestructura de distribución

Más del 63% de la inversión en infraestructura de distribución en 2021–2030 servirá al Subsistema Metropolitano. Alrededor del 38% de la inversión global apoya la expansión de la red (nuevas líneas eléctricas y transformadores), mientras que alrededor del 31% tiene como objetivo mejorar la fiabilidad

¹¹⁴ Actores locales, entrevista de los autores, febrero de 2020.

¹¹⁵ ANDE, *Plan Maestro de Obras 2021–2030*; actores locales, entrevista de los autores, septiembre de 2020.

de la red mediante el refuerzo de las líneas existentes tanto en la superficie como en el subsuelo. El 60% de la inversión se concentra en los primeros cinco años del plan.

El plan no expresa objetivos ambiciosos de reducción de las pérdidas de distribución. Prevé que el despliegue de líneas de 500 kV, el refuerzo de las líneas de distribución y el desarrollo de la energía hidroeléctrica descentralizada a pequeña escala mantendrán las pérdidas en los niveles actuales, incluso aunque aumente la cantidad de electricidad que pasa por el sistema, reduciendo así el porcentaje de pérdidas técnicas¹¹⁶.

Infraestructura de tecnologías de la información y la comunicación (TIC)

Por primera vez, la ANDE ha incluido un informe dedicado a planificar el desarrollo de las infraestructuras TIC. En este informe, que traza un mapa para los años 2021–2025, la ANDE identifica tres áreas clave de mejora 1) Sistemas de tecnología de la información, 2) Sistemas de comunicación y 3) Sistemas de control y automatización. En total, la ANDE estima un gasto de 218,43 millones de dólares en el quinquenio.

En el ámbito de las tecnologías de la información, la ANDE pretende invertir 130 millones de dólares en cinco años para promover el crecimiento de los centros de datos, el mantenimiento corporativo, el gasto comercial y la tecnología de medición avanzada. Con estas herramientas, la ANDE podrá reducir las ineficiencias en su seno agilizando las relaciones con los clientes y promoviendo una constante retroalimentación de datos en los contadores de distribución de toda la red.

La ANDE también busca desarrollar los sistemas de comunicación, promoviendo la radio digital, el servicio de datos 4G/LTE, la mejora de los cables de fibra óptica y un mayor número de terminales de comunicación en todo el país para apoyar la red. Se prevé que estas mejoras cuesten 38,9 millones de dólares en cinco años, y que la mayor parte de la inversión se realice antes de 2023 para acelerar los procesos de instalación y funcionamiento del sistema.

Los sistemas de Control de Supervisión y Adquisición de Datos (SCADA) están actualmente instalados y funcionan en todos los niveles de la ANDE, desde la generación hasta las líneas de distribución de 23 kV. Además, en 2018, ANDE lanzó el Sistema de Consumo de Distribución Integral (SGIDE) en 26 centros de distribución a lo largo de Asunción y área metropolitana. Diseñada para mejorar la transparencia de las operaciones del sistema con los clientes, esta tecnología, apoyado financieramente por CAF, permitirá a los clientes comprender las operaciones basadas en la distribución que emprende ANDE en los próximos años.¹¹⁷ Sin embargo, para monitorear y controlar mejor el Subsistema Metropolitano, la ANDE está proponiendo una mayor integración de esta y otras tecnologías para promover la automatización del sistema de red. Hasta la fecha, la ANDE está en conversaciones para desarrollar un estudio piloto de SCADA en Asunción. La actualización del sistema actual en la ciudad costará 100 millones de dólares e involucrará un piloto. En caso de que el Congreso apruebe la ampliación del piloto, la ANDE implantaría la tecnología en todo el país¹¹⁸. Aparte del SCADA, la ANDE también persigue el desarrollo de una tecnología de gasto operativo en tiempo real que ayudará a controlar los costos y el gasto de las operaciones de mantenimiento, así como la ciberseguridad para

¹¹⁶ ANDE, Plan Maestro de Obras 2021–2030.

¹¹⁷ “ANDE realizó el lanzamiento oficial del Sistema de Gestión Integral de Distribución”, *Economía Virtual*, 17 de octubre de 2018, <http://economivirtual.com.py/web/pagina-general.php?codigo=19235>.

¹¹⁸ ANDE, entrevista de los autores, septiembre de 2020.

promover la defensa de las tecnologías operativas de cualquier amenaza potencial. El costo previsto para la automatización es de 49,5 millones de dólares a lo largo de los cinco años.

Comentario general sobre las omisiones del Plan Maestro

El nuevo plan maestro establece una visión global a largo plazo, una estrategia a medio plazo con objetivos claros y un plan de acción a corto plazo con costos y opciones de financiación. Sin embargo, no tiene suficientemente en cuenta los retos de una mayor electrificación de los usuarios finales de la energía, como los sectores de la construcción, el transporte y la industria, así como la necesidad crítica de ganar eficiencia energética en el lado de la oferta y la demanda para frenar el despliegue de las inversiones necesarias y mejorar la fiabilidad. También faltan objetivos claros sobre la reducción de las pérdidas de distribución. Por último, no incluye un análisis energético de mínimo costo (LCOE) para las zonas en las que falta la red (como en el Chaco), que ayudaría a elegir la tecnología de generación de energía basándose en comparaciones de costos. En consecuencia, no está claro si el plan se basó en análisis económicos para proponer las plantas híbridas fuera de la red y la ampliación de la misma.

2.4.2 Proyecciones de la demanda de electricidad

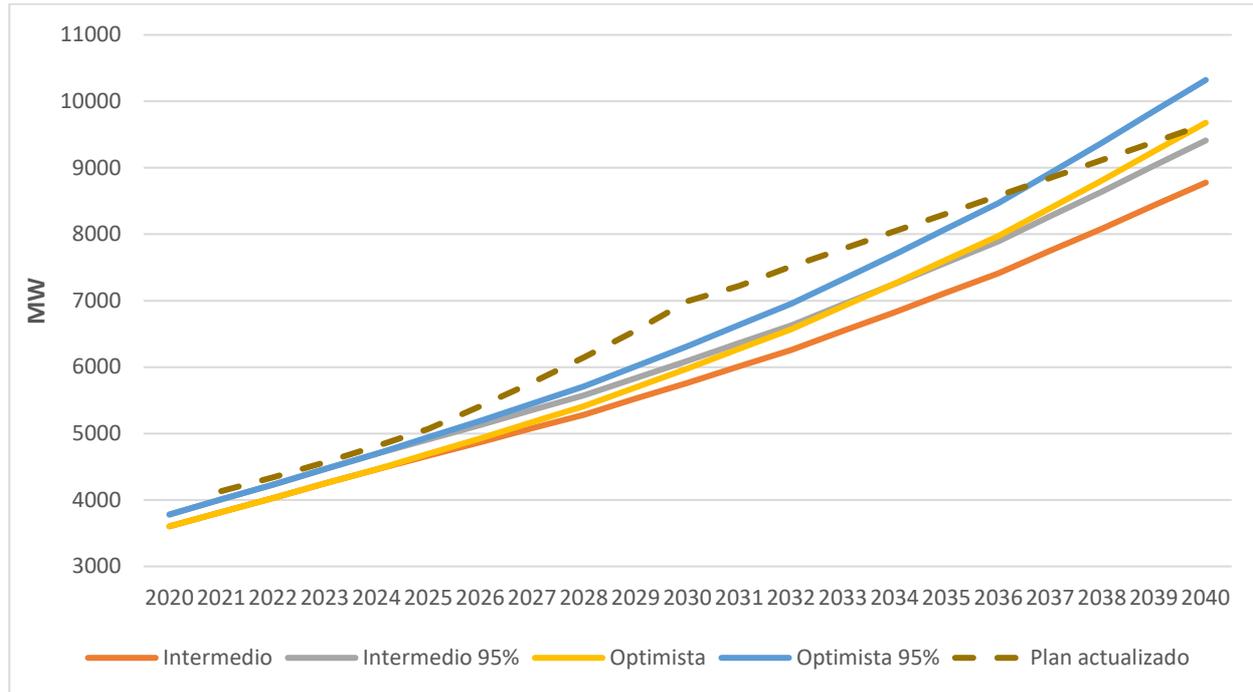
Plan Maestro de la ANDE 2021–2040

En marzo de 2020 la ANDE publicó su estudio de las Proyecciones de la Demanda Eléctrica Nacional para 2020–2040. Entre otras cosas, estas proyecciones reconocen el carácter optimista de las proyecciones de crecimiento económico de la ANDE para 2016–2025 y ajustan las tasas de crecimiento, tanto en el escenario optimista como en el intermedio, al 5,1% y al 4,6%, respectivamente. Con estas proyecciones reducidas, Figura 19 presenta ambos escenarios con sus respectivos valores del intervalo de confianza del 95 por ciento. En el Documento de Proyecciones de la Demanda Eléctrica Nacional para 2020–2040, la demanda eléctrica máxima en 2025 se estima en 4.668 MW, un valor un 30,5% inferior al estimado en el Plan Maestro de la ANDE 2016–2025. El nuevo plan maestro lo ha ajustado ahora a 4.895 MW en 2025. Para 2030, se espera que esta cifra alcance los 6.982 MW, ayudada por el aumento del crecimiento económico y la demanda¹¹⁹.

Según las Proyecciones de la Demanda Eléctrica nacional para 2020–2040, en caso de que la capacidad de generación se mantenga igual que en 2018, **la ANDE estima que en 2036 el pico de consumo nacional de electricidad superará el pico de suministro nacional. Según el Plan Maestro 2021–2040**, con la capacidad instalada actual, el sistema alcanzará un margen de reserva de generación del 12% en 2033, acercándose demasiado al mínimo aceptable del 10%. Con la capacidad de generación disponible prevista en el Plan Maestro, el margen de generación alcanzará el 35% en 2030 y bajará al 13% en 2040.

¹¹⁹ ANDE, Plan Maestro de Obras 2021–2030.

Figura 20: Proyecciones de crecimiento de la demanda máxima de la ANDE



Fuente: ANDE¹²⁰.

Informe del IPPSE

El Instituto de Profesionales del Sector Eléctrico del Paraguay (IPPSE) publicó su propio informe sobre el sector eléctrico entre 2019 y 2038. En este estudio, el IPPSE estima una demanda máxima de 5.529 MW en 2025, un 13% superior a la estimación de la ANDE en su Plan Maestro 2021–2040. **El informe del IPPSE estima que en 2030 habrá un déficit entre la demanda máxima nacional y la capacidad de suministro (MW).** El IPPSE estima que en 2034 el consumo doméstico de energía superará la oferta de electricidad (GWh) de todas las fuentes disponibles de electricidad a falta de mejoras en el sistema¹²¹.

El IPPSE considera que, a largo plazo, el déficit energético deberá cubrirse aprovechando el potencial hidroeléctrico adicional, en particular el que se comparte con Argentina (como se muestra en Tabla 17). Aumentaría la capacidad de generación instalada en un 58% hasta los 15.195 MW en 2034. Aunque se han estudiado durante mucho tiempo, estos proyectos nunca han llegado a materializarse, en particular debido a la necesaria coordinación de los dos países. Para la ANDE, estos proyectos tienen dos inconvenientes: son intensivos en el suelo y, como tal, compiten con el sector agrícola, y están fuera del control de la ANDE.

¹²⁰ ANDE, Proyecciones de la Demanda Nacional de Electricidad, 2020–2040 (Asunción: ANDE, 2020), compartida por los actores locales; ANDE, Plan Maestro de Obras 2021–2030.

¹²¹ Instituto de Profesionales Parguayos del Sector Eléctrico (IPPSE), *Informe Técnico: Requerimientos de Generación Eléctrica del Paraguay Periodo 2019–2038* (Asunción: IPPSE, 2019), https://www.mre.gov.py/pdfs/Aporte_Centro%20Paraguay%20de%20Ingenieros_VF_compressed.pdf.

Tabla 17: Proyectos de generación de electricidad necesarios a desarrollar por el IPPSE

Proyecto	Tipo de proyecto	Fecha de Ope-ración	Energía adicional para Pa-raguay (MW nominales)	Sector
Aña Cua	Nueva central hidroeléctrica en la presa existente (compartida con Argentina) – Construcción iniciada en 2020	2024-2025	270	Hidro
Ampliación Yacyretá YAC 3	Modernización de la presa actual	2026-2027	465	Hidro
Ampliación Yacyretá YAC 7	Modernización de la presa actual	2029-2031	1.085	Hidro
Corpus Christi	Nueva presa y central hidroeléctrica (compartida con Argentina)	2031-2034	2.880	Hidro
Itacora – Itatí	Nueva presa y central hidroeléctrica (compartida con Argentina)	2031-2034	1.660	Hidro

Fuente: IPPSE¹²².

Escenarios del modelo SimSEE

Utilizando un software de modelización conocido como SimSEE¹²³ para estimar la capacidad y la carga actuales de la infraestructura eléctrica de Paraguay, este informe presenta siete escenarios para estimar la oferta y la demanda futuras de infraestructura eléctrica en Paraguay, tanto en mercados cerrados como abiertos. Cada escenario de mercado cerrado se describe a continuación, mientras que el capítulo 3 analiza los escenarios de mercado abierto como oportunidades para la conectividad eléctrica regional. Para una explicación detallada de todos los análisis realizados para este modelo, consulte el informe técnico “*Simulación SimSEE*”.

Las fluctuaciones visibles en los resultados gráficos del modelo demuestran el uso de realizaciones estocásticas incorporadas. Se han tenido en cuenta los fallos de suministro de energía para la demanda máxima para una ocurrencia probabilística de energía no suministrada. Se han tenido en cuenta más de 250 realizaciones estocásticas con un algoritmo de despacho. Los fallos de suministro de energía¹²⁴ presentados corresponden a las proyecciones de suministro y demanda máxima para el percentil 95 de la energía no suministrada acumulada.

Mientras que los resultados resumidos se presentan en este informe principal, los resultados detallados de cada escenario pueden encontrarse en el Apéndice D (mientras que los supuestos detallados se encontrarán en el informe técnico). La Tabla 18 resume los siete escenarios principales del modelo.

¹²² IPPSE, *Informe Técnico: Requerimientos de Generación Eléctrica del Paraguay Periodo 2019–2038*.

¹²³ El modelo ejecuta un algoritmo de despacho semanal de energía que minimiza el costo de suministro del sistema aprovechando el “costo de oportunidad” de utilizar los recursos energéticos más baratos disponibles (aquellos de costo marginal cero –hidroeléctricos, solares, eólicos, etc.). Se trata de un despacho de energía centralizado, por lo que el intercambio de energía resultante no tiene en cuenta las reglas comerciales o los contratos que puedan existir entre los agentes del sistema eléctrico (por ejemplo, Itaipú con ANDE/Eletrabras).

¹²⁴ El algoritmo de despacho compara una media móvil de 52 semanas con la carga estocástica de una semana determinada, analizando la diferencia entre ambas.

Tabla 18: Resumen de los escenarios del modelo SimSEE

Escenarios (para configuraciones de mercado abierto y cerrado)	Objetivo del escenario
SC01 Demanda base – Tasa de crecimiento de la carga fija ~ 5%/año	Evaluar las necesidades de suministro de electricidad y energía hasta 2050 sin la adecuación a largo plazo de los recursos de generación
SC02 Demanda alternativa – Proyección de crecimiento de la demanda a partir de los resultados del LEAP	Evaluar las necesidades de suministro de electricidad y energía hasta el año 2050, asumiendo una trayectoria neutra de carbono para el sistema energético de Paraguay (como se describe en el capítulo 1), y sin la adecuación a largo plazo de los recursos de generación
SC03 Nuevo Plan Maestro de Generación de la ANDE (2021–2040) (con demanda alternativa)	Evaluar las expectativas sobre la potencia y la energía no suministrada tras la eventual aplicación del plan de inversiones de la ANDE
SC04a Nuevo Plan Maestro de Generación de la ANDE (2021–2040) con nuevas centrales eléctricas binacionales (con demanda alternativa) SC04b más energías renovables y baterías a partir de 2040 (con demanda alternativa)	Evaluar las expectativas sobre la potencia y energía no suministrada tras la eventual aplicación del nuevo plan de inversiones de la ANDE y la construcción de las centrales binacionales Itatí-Itacorá y Corpus Christi (ambas con Argentina). El escenario alternativo SC04b supone un aumento significativo de la tecnología solar, eólica y de almacenamiento en baterías en Paraguay tras la finalización de los proyectos hidroeléctricos binacionales a partir de 2040.
SC05a Alta inversión en renovables + baterías (con demanda alternativa) SC05b Inversión moderada en energías renovables + baterías (con demanda alternativa)	Cuantificar las inversiones en generación renovable nacional necesarias para reducir sustancialmente las expectativas de energía no suministrada a lo largo del tiempo. Mientras que la SC05a intenta demostrar el costo necesario para reducir las frecuencias de energía no suministrada en la red y el costo marginal de las operaciones, la SC05b trata de abordar la cantidad de inversión necesaria para reducir el aumento previsto de energía no suministrada.

Fuente: Elaborado por los autores.

Tanto en el escenario SC01 como en el SC02, cabe esperar una probabilidad del 100% de despacho de generación insuficiente en una configuración de mercado cerrado para 2043, 2045, 2048 y 2050, para los niveles de demanda máxima, alta, media y baja, respectivamente.

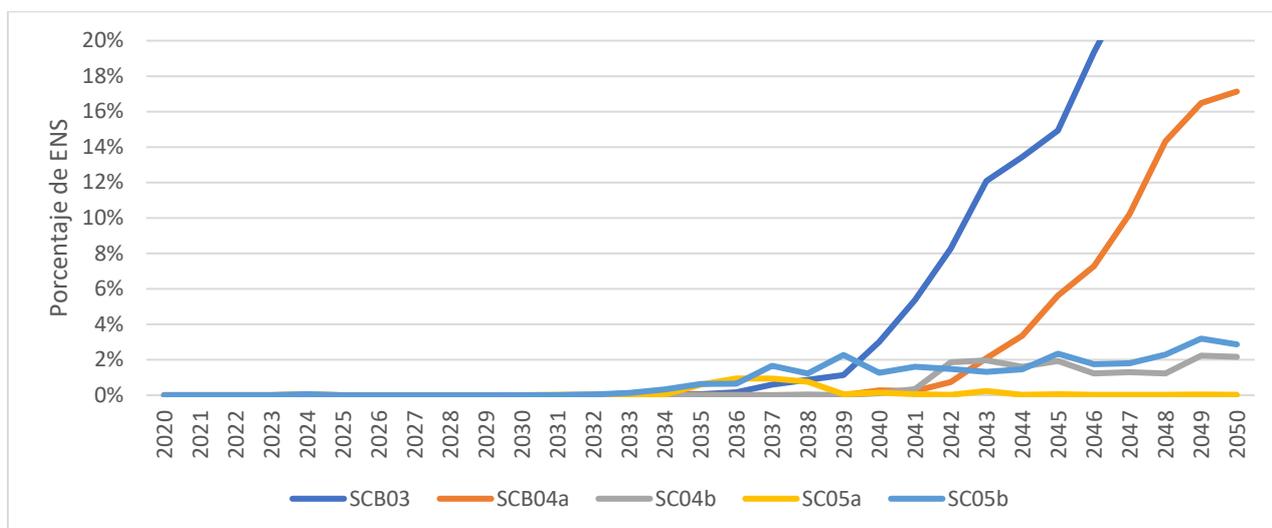
El impacto de la aplicación del Plan Maestro de Generación 2021–2040 de la ANDE sería relativamente pequeño, ya que la probabilidad del 100% de despacho de generación insuficiente en una configuración de mercado cerrado debería alcanzarse en 2047 para el nivel de demanda máxima, un retraso de

sólo cuatro años en comparación con los resultados obtenidos en el Escenario Base (que no contempla ninguna inversión). Sin embargo, el alcance del plan maestro se extiende sólo hasta 2040. La construcción adicional de las centrales binacionales Itatí-Itacorá y Corpus Christi (con Argentina) tendría un impacto más sustancial para la reducción de las fallas en el despacho de energía en la configuración de mercado cerrado. La probabilidad de fallo seguiría siendo alta, alcanzando aproximadamente el 95% en 2050 para el nivel de demanda máxima.

Los porcentajes y frecuencias de energía no suministrada para cada uno de estos escenarios (excepto para los escenarios SC01 y SC02) se muestran en Figura 20 y la Figura 21. Los escenarios con alto contenido en energías renovables y baterías (SC05a y SC05b) experimentan un mínimo de energía no suministrada más allá de 2030, en comparación con el escenario del Plan Maestro de la ANDE y el escenario del Plan Maestro de la ANDE con Binacionales. Dado que las centrales hidroeléctricas pueden complementar la energía solar y ahorrar la inversión en baterías, Paraguay debería comprometerse con Argentina y Brasil para desarrollar las presas hidroeléctricas binacionales.

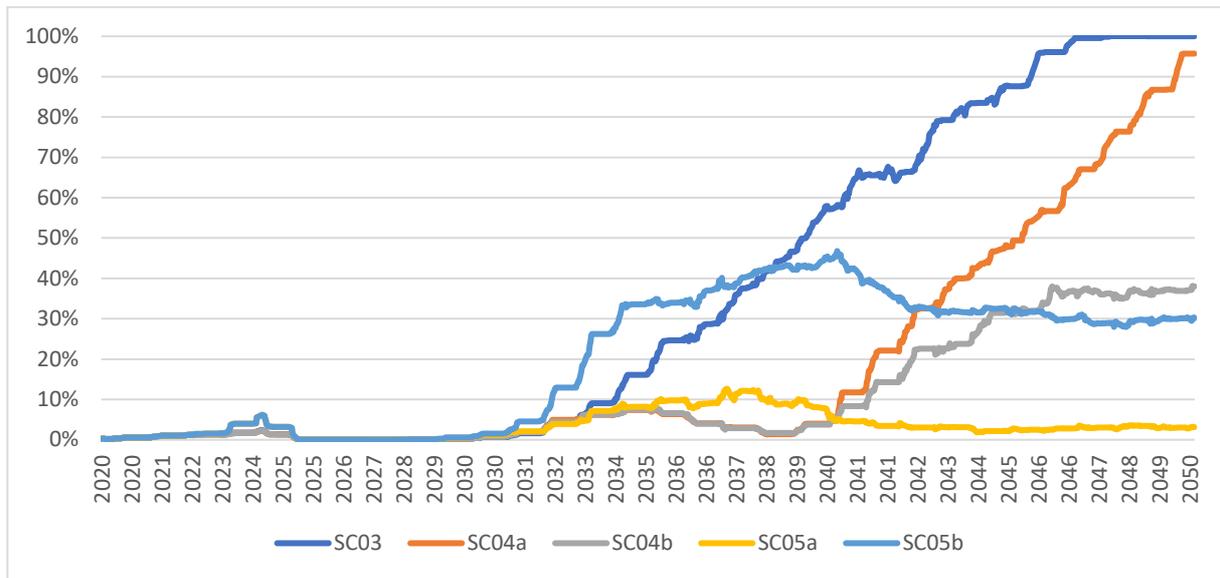
Tanto el escenario SC04b como el SC05b contemplan valores similares de energía no suministrada y frecuencias de fallo. Sin embargo, SC04b requiere una menor inversión en generación, lo que representa una reducción de 15.000 MW en energía solar fotovoltaica, mientras que las nuevas presas hidroeléctricas permiten reducir la inversión en baterías a la mitad.

Figura 21: Comparación del porcentaje de energía no suministrada (ENS) por escenario



Fuente: Elaborado por los autores.

Figura 22: Frecuencia de fallos en el suministro eléctrico para la demanda máxima



Fuente: Elaborado por los autores.

2.5 Soluciones para el sector eléctrico

2.5.1 Soluciones institucionales

Creación del Ministerio de Energía

Para garantizar una mayor planificación y coordinación estratégica, el Presidente de Paraguay firmó en 2016 una Política Energética Nacional que, entre otras normas, propone la creación de un Ministerio de Hidrocarburos y Energía¹²⁵. El Congreso está debatiendo ahora un proyecto de ley que pretende crear el Ministerio de Energía, Minas e Hidrocarburos¹²⁶. La creación de un Ministerio de Energía fuerte (llamado Ministerio de Energía, Minas e Hidrocarburos en el proyecto de ley actual), tal como se prevé en el proyecto de ley, debería ayudar a definir una estrategia mejor integrada para el sector energético¹²⁷. Con una asignación presupuestaria adecuada, el ministerio debería contar con los medios financieros para impulsar la inversión pública en el sector energético, coordinar con la ANDE la elaboración del Plan Maestro de Electricidad teniendo en cuenta las políticas energéticas nacionales (incluida la estrategia para la biomasa y los hidrocarburos), y contar con proyecciones mejor integradas¹²⁸. El actual Plan Maestro de la ANDE, por ejemplo, no tiene en cuenta las políticas que podrían aplicarse para reducir el consumo de biomasa o promover la eficiencia energética.

¹²⁵ El instrumento legal al que se hace referencia es el Decreto N° 6092/2016.

¹²⁶ Este proyecto es propuesto por el senador Mario Martín Arévalo Fernández y se titula la ley “que crea el Ministerio de Energía, Minas, e Hidrocarburos”.

¹²⁷ La creación de un Ministerio de Energía también se defiende en el informe del PNUD Energía y Desarrollo Humano 2020.

PNUD, Informe Nacional sobre Desarrollo Humano. Paraguay 2020: Energía y Desarrollo Humano.

¹²⁸ Según el proyecto de ley, el Ministerio de Energía, Minas e Hidrocarburos deberá utilizar el 50% de sus ingresos específicamente para gastos de capital, que se definen en este proyecto de ley como (1) Investigación; (2) Prospección; (3) Exploración; (4), Estudios de viabilidad; (5) Proyectos de utilización; (6) Preparación de documentos de licitación y contrato para la utilización sostenible de recursos energéticos, hidrocarburos, minerales y sustancias

El proyecto de ley establece una clara supervisión de este nuevo Ministerio de Energía, Minería e Hidrocarburos sobre tres viceministerios (Energía y Desarrollo Energético Sostenible; Hidrocarburos y Biocombustibles; y Minería), así como sobre la ANDE y las entidades binacionales de Itaipú y Yacyretá. Las empresas estatales nacionales y binacionales perderían así su independencia y acceso directo al Presidente, lo que ha sido políticamente difícil de implementar¹²⁹. Dado que se propusieron proyectos de ley similares en 2007, 2010, 2012 y 2014¹³⁰, este obstáculo político debe ser abordado cuidadosamente para que el proyecto de ley tenga éxito. Puede ser preferible un enfoque más gradual, centrado en el fortalecimiento de la capacidad administrativa de la VMME y en proporcionar los incentivos para que la ANDE actúe, en particular mediante la reforma de la Ley Orgánica N° 966 que creó la ANDE. La reforma de la Ley Orgánica n° 966 permitirá a la ANDE centrarse en el rendimiento operativo y abrirse a la participación del sector privado en la generación y la distribución.

Además, el público no apoya los proyectos de ley que crean nuevos ministerios, ya que se perciben como un aumento innecesario de la carga administrativa y del clientelismo¹³¹. Los proponentes del proyecto de ley deben emprender una fuerte campaña de comunicación para sensibilizar al público sobre cómo la falta de un Ministerio de Energía capacitado está en el origen de muchos de los apagones que sufren regularmente.

Mejora del rendimiento de la ANDE e introducción de incentivos al rendimiento

Para hacer frente a los incentivos de la ANDE, un contrato de rendimiento entre el Ministerio de Energía o el Gobierno de Paraguay y la ANDE podría crear un sistema de controles y equilibrios sobre la empresa pública. El proyecto de ley del Ministerio de Energía mencionado anteriormente crearía el espacio legal para ello, ya que estipula que las entidades reguladas tendrían objetivos de rendimiento claros y serían evaluadas en función de ellos. Los contratos de desempeño –acuerdos escritos que aclaran los objetivos y las motivaciones– serían eficaces para controlar las tarifas, las inversiones, los subsidios, los objetivos sociales y la financiación. Hasta la fecha, el Gobierno de Paraguay ha establecido el Consejo Nacional de Empresas Públicas en 2019 como mecanismo para verificar el cumplimiento de las empresas públicas con las normas de rendimiento. Este consejo, que establece los objetivos de desempeño que se esperan de la ANDE, ha tenido un éxito limitado a la hora de abordar cuestiones de política laboral relacionadas con los empleados de la ANDE¹³².

Como se comentó en 2013, los indicadores de rendimiento pueden diseñarse para recompensar el buen rendimiento de los directivos y sancionar el incumplimiento. Estos indicadores podrían incluir los ingresos netos, el rendimiento de los activos, la proporción de deuda y capital, la cobertura de intereses, la política de dividendos, las mejoras de productividad, los índices de satisfacción de los clientes, los objetivos de conexión, las cuestiones de recursos humanos, la política de compras y la adhesión al medio ambiente. Sin embargo, como se señaló en 2013, los contratos de rendimiento pueden ser derrotados por la política y, por lo tanto, sólo deben utilizarse si el gobierno está dispuesto

pétreas, terrosas y calcáreas; (7) Planificación a corto, medio y largo plazo de la oferta y la demanda de estos recursos y formulación periódica de políticas estatales en materia de energía, hidrocarburos y minería.

¹²⁹ Llamosas, Upham, y Blanco, “Múltiples Corrientes, Resistencia y Cambio de Política Energética”.

¹³⁰ Llamosas, Upham, y Blanco, “Múltiples Corrientes, Resistencia y Cambio de Política Energética”.

¹³¹ Llamosas, Upham, y Blanco, “Múltiples Corrientes, Resistencia y Cambio de Política Energética”.

¹³² “Consejo de empresas públicas recibió propuesta acordada de la ANDE”, *Radio Nacional*, 18 de febrero de 2020, <http://www.radionacional.gov.py/consejo-de-empresas-publicas-recibio-propuesta-acordada-de-la-ande>.

a “lidiar con los desafíos de la asimetría de la información, los incentivos eficaces y los compromisos creíbles”¹³³.

El aumento de los incentivos en el sector de la distribución podría mejorar los índices de cobro de facturas y el rendimiento del sistema. Dadas las características del sector eléctrico en Paraguay, esto es primordial para frenar las elevadas pérdidas comerciales y de distribución.

Por ejemplo, en la década de 2010, en Brasil, seis empresas de distribución de propiedad pública se caracterizaban por su escasa capacidad, su mala gestión, la falta de disciplina comercial y la interferencia política de las autoridades locales. Por lo tanto, su privatización fracasó y la empresa estatal federal Eletrobras, en colaboración con el Banco Mundial, tuvo que reestructurarlas antes de prever la privatización (véase Cuadro 3)¹³⁴.

Cuadro 3: Cómo frenar las pérdidas de la distribución en Brasil

Al hacer hincapié en el desarrollo de un procedimiento adecuado de gestión de proyectos, el equipamiento de redes inteligentes, la tecnología avanzada de medición y la regulación de las conexiones ilegales, el proyecto de colaboración del Banco Mundial con Eletrobras en Brasil aumentó significativamente los índices de recaudación de las empresas de distribución al añadir 500.000 nuevos consumidores al ciclo de cobro de facturas (un aumento del 16% en los consumidores regionales y del 0,7% en los consumidores a nivel nacional)

También mejoró la calidad de los servicios prestados por las empresas. El tiempo medio de interrupción se redujo hasta un 25% en sólo siete años. Para solucionar las pérdidas de distribución, el proyecto rehabilitó 988 km de líneas de media y baja tensión y construyó 1.015 km de nuevas líneas de transmisión. El proyecto de Eletrobras también invirtió en la instalación y sustitución de contadores, instalando sistemas de medición avanzados para el 84% de los clientes objetivo y ahorrando más de 725 GWh de electricidad recuperada y agregada durante los seis años de vida del proyecto.

Fuente: Grupo del Banco Mundial¹³⁵.

En Paraguay, dos empresas privadas de distribución entraron en la red de distribución, la Cooperativa Menonita en la región del Chaco Central (Subsistema Occidental) y CLYFSA en la ciudad de Villarrica (Subsistema Central), y distribuyen electricidad desde la década de 1960¹³⁶. Entender hasta qué punto la distribución en estos subsistemas es más eficiente y experimenta menos pérdidas no técnicas sería un primer paso útil para considerar la idea de privatizar en mayor medida la distribución. Una privatización más amplia de la distribución podría encontrarse con el mismo problema que la privatización de la generación: el precio de la tarifa, fijado políticamente, es demasiado bajo para que las empresas externas puedan competir.

¹³³ Toledano et al., *Leveraging Paraguay's Hydropower for Sustainable Economic Development*.

¹³⁴ Fernando Manibog, “Eletrobras Distribution Rehabilitation: Implementation Completion Report (ICR) Review” (Washington D.C.: Grupo del Banco Mundial, 2019), <https://documents1.worldbank.org/curated/en/190321548790271333/pdf/Brazil-ELETROBRAS-Distribution-Rehabilitation.pdf>.

¹³⁵ Manibog, “Eletrobras Distribution Rehabilitation: Implementation Completion Report (ICR) Review”.

¹³⁶ Expertos locales, entrevista de los autores, septiembre de 2020.

La apertura de la distribución a la competencia a través de un contrato de rendimiento como el descrito anteriormente, también llamado modelo de contrato de gestión permitiría a la ANDE conservar la plena propiedad de los activos eléctricos y conceder a un contratista privado la responsabilidad de dirigir las operaciones sin adquirir capital ni incurrir en riesgo comercial (véase el ejemplo del Cuadro 4 de Haití). Aunque este tipo de reforma se recomendó en 2013, todavía no se ha desplegado, aunque se ha mencionado como un desarrollo necesario en la Agenda de Energía Sostenible de Paraguay para 2019–2023¹³⁷.

Cuadro 4: Eficiencia del contrato de gestión en Haití

En virtud de un Contrato de Gestión de Transición entre la empresa estatal de servicios públicos y de distribución Electricidad de Haití (EDH), la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID), el BID y el Gobierno de Haití entre 2011 y 2013, se instalaron 23.000 nuevas conexiones (a un ritmo muy superior al de la tasa de expansión anterior), la relación de recuperación de costos con respecto a los gastos globales mejoró del 18% al 33,2%, y se recaudaron 55,1 millones de dólares adicionales durante el período del contrato.

Fuente: USAID¹³⁸.

Los contratos de gestión otorgan a los gestores del sector privado el poder de despedir al personal sobrante, recortar los servicios a los clientes morosos y aumentar las tarifas para racionalizar el uso de la energía, medidas que los gestores de las empresas de servicios públicos tratan de evitar. Aunque las posibles ganancias se distribuyen a lo largo del tiempo, los despidos y los recortes de servicios a los clientes morosos pueden tener un costo político¹³⁹.

Zonificación municipal para una planificación eficiente de la red

Para mejorar el mecanismo de planificación eléctrica, la zonificación municipal ayudaría a optimizar las inversiones en la red. Aunque actualmente la ANDE no tiene previsto aplicar la zonificación municipal, promover la identificación y definición de las zonas residenciales, comerciales e industriales garantizaría que las inversiones respondan a las necesidades de voltaje requeridas para cada zona. En ausencia de zonificación, las industrias no se ubican en consecuencia, aumentando la incertidumbre en cuanto a las necesidades de inversión eléctrica y dificultando la optimización de la expansión de la red. Esto provoca un aumento de los tiempos medios de conexión y de los costos de distribución.

Servicios de valor añadido

En un esfuerzo por mejorar los ingresos y la capacidad de servicio a los clientes, la ANDE podría considerar la integración de servicios que normalmente no son competencia de las empresas de servicios

¹³⁷ VMME, *Agenda de Energía Sostenible del Paraguay 2019–2023* (Asunción: Viceministerio de Minas y Energía, 2019), https://www.ssme.gov.py/vmme/pdf/agenda/AgendaEnerdelParaguay%20-%20VFinal_compressed.pdf.

¹³⁸ Randall Wood, *Best Practices for Performance-Based Management Contracts for the Power Sector* (Washington D.C.: USAID, 2018), https://www.usaid.gov/sites/default/files/documents/1865/ECO_RTI_2018_Performance-Based-Management-Contracts-Best-Practices.pdf.

¹³⁹ Toledano et al., *Leveraging Paraguay's Hydropower for Sustainable Economic Development*.

públicos para mejorar las fuentes de ingresos en guaraníes. Por ejemplo, el uso de las redes de cable de fibra óptica de la ANDE para ampliar el acceso y el alcance de la conectividad a Internet a través de colaboraciones con proveedores privados de Internet es una forma de añadir valor a los servicios existentes que presta la ANDE. Copel, en el estado de Paraná (Brasil), es una empresa de servicios públicos que hace precisamente eso a través de su filial de propiedad exclusiva, Copel Telecom¹⁴⁰. Además, esta colaboración generaría ingresos para la ANDE a través de un acuerdo de arrendamiento de cable óptico. Con el mismo objetivo, la ANDE también podría participar en programas de eficiencia energética (véase el capítulo 4).

Concienciación

Para muchos paraguayos, existe un alto nivel de incompreensión sobre el funcionamiento del sistema eléctrico. Para muchos, tener fuentes de generación hidroeléctrica tan grandes y no poner esa energía barata a disposición de todos es una gran culpa de la ANDE. Estos malentendidos, en muchos casos, hacen que no se adopten fuentes gubernamentales de generación de electricidad mucho más cercanas a estas comunidades rurales y que se confundan con opciones energéticas más caras. Por ejemplo, las comunidades de la región del Chaco Occidental de Paraguay, una zona situada a casi 700 km de la presa de Itaipú, prefieren tener la electricidad de Itaipú en lugar de las fuentes locales. Creyendo que la energía de Itaipú, como una de las mayores presas del mundo, debe pertenecerles, las comunidades rechazan las ofertas de instalación o uso de energía solar o eólica en la región del Chaco.¹⁴¹ Con esta mentalidad, la incompreensión de las pérdidas eléctricas a través de la propia transmisión está a la vista, y las consecuencias son la persistencia de los motores diesel y la leña como fuentes de energía para compensar la falta de conexión a la red.

Trabajar para ofrecer campañas de concienciación pública sobre la funcionalidad de las fuentes de energía asequibles para los clientes alejados geográficamente de las centrales hidroeléctricas, como Itaipú, desvirtuaría estos malentendidos comunes. Además, reduciría las pérdidas de distribución al crear fuentes de generación eléctrica descentralizadas socialmente más aceptables. En Cuadro 5 se detalla cómo Perú utilizó la educación sobre el sector eléctrico para ayudar a su plan nacional de electrificación rural.

¹⁴⁰ “Brazil’s Copel Telecom Scales State-Of-The-Art Fiber Optic Internet with Coriant 200g Solution”, *Businesswire*, 7 de agosto de 2018, <https://www.businesswire.com/news/home/20180807005021/en/Brazil%E2%80%99s-Copel-Telecom-Scales-State-of-the-Art-Fiber-Optic-Internet-with-Coriant-200G-Solution>.

¹⁴¹ Ex directivo de la ANDE, entrevista realizada por los autores, septiembre de 2020.

Cuadro 5: Alcance de la educación en Perú

Como parte del Plan de Electrificación Rural (REI Parte II) del Gobierno de Perú, se da prioridad a las escuelas rurales para que tengan acceso a la electricidad. Teniendo estas escuelas recién dotadas de energía como puntos focales, el gobierno utiliza entonces vídeos y folletos preparados por profesionales para promover el conocimiento de la energía renovable tanto para los niños como para los adultos. A continuación, el Gobierno de Perú colabora con las empresas privadas de distribución con servicio en las comunidades rurales para utilizarlas como educadores locales para la educación en energías renovables. Con un plan de estudios esbozado para la educación en energías renovables, el gobierno ha identificado una serie de escuelas rurales en diferentes departamentos del país para tener el mayor impacto educativo en las comunidades rurales

Fuente: Banco Mundial ¹⁴².

2.5.2 Enfoque técnico

La mayor parte de las inversiones del Plan Maestro abordan el déficit de infraestructuras de transmisión. Estas inversiones son cruciales para reducir los cortes de energía y las pérdidas de transmisión. Además, son fundamentales para utilizar la totalidad de la energía asignada a Paraguay por Itaipú¹⁴³. Sin embargo, las pérdidas de transmisión sólo representan menos del 6% de las pérdidas totales del sistema. Es necesario hacer más para abordar las pérdidas de distribución y, en particular, las técnicas relacionadas con las deficiencias de gestión tanto a nivel de distribución como comercial¹⁴⁴. Además, debe hacerse mayor hincapié en suavizar el consumo de electricidad durante el día y en frenar las tasas de crecimiento del consumo de electricidad a lo largo del tiempo mediante la eficiencia y la reducción de las pérdidas de distribución (una conclusión que se refuerza en la sección 2.4.2.2 y en el capítulo 3).

2.5.2.1 Enfoques del lado de la oferta

La expansión de un sistema avanzado de medición aplicado a los medianos y grandes consumidores a través de las redes inteligentes permite optimizar el consumo de electricidad informando a los usuarios de los precios en tiempo real, las horas punta de inicio y fin, el consumo acumulado, las alertas, etc. La experiencia, tanto en los países en desarrollo como en los desarrollados, demuestra que los medianos y grandes consumidores responden a una información clara y oportuna sobre las opciones de precios. La tasa de rendimiento y los plazos de amortización de la instalación de un sistema de medición avanzado para los grandes consumidores suelen ser atractivos. El Banco Mundial estima que, en función de los niveles medios de las tarifas y de los niveles de robo de electricidad, la instalación de un dispositivo de medición avanzada, incluido un componente que permita la desconexión y

¹⁴² Departamento de Desarrollo Sostenible, *Implementation Completion and Results Report: Proyecto de Electrificación Rural de la República del Perú* (Banco Mundial, 2013), <http://documents1.worldbank.org/curated/en/325061468297302609/pdf/ICR23580P090110C0disclosed010230140.pdf>.

¹⁴³ La utilización plena de la asignación de Paraguay reforzaría la posición de este país en la renegociación del Anexo C del tratado de Itaipú en 2023.

¹⁴⁴ Encina, "Las pérdidas eléctricas de ANDE".

reconexión a distancia, requiere una inversión media de 240 USD tanto para los grandes consumidores de baja tensión como para los de alta y media tensión¹⁴⁵. En Paraguay, esto equivale a un consumo de electricidad de 4.286 kWh al año a un precio de electricidad de 5,60 USD por kWh. Por lo tanto, la inversión se recupera rápidamente a través de la facturación de los clientes que antes no tenían medidor. Aunque estas estimaciones no tienen en cuenta los costos recurrentes asociados a las lecturas de los contadores sobre el terreno, es probable que sean mínimos, ya que los costos de mano de obra en Paraguay son bajos en comparación con la electricidad recuperada y los ingresos asociados.

La principal limitación de la ANDE para implantar redes inteligentes es una red de distribución obsoleta. Si bien la ANDE reconoce que las redes inteligentes tienen un gran potencial para reducir las pérdidas de distribución mediante la información a los consumidores, la antigüedad actual de la red de distribución existente (que oscila entre 30 y 40 años) dificulta la instalación de sistemas de redes inteligentes¹⁴⁶. Aun así, el nuevo Plan Maestro 2021–2030 de la ANDE destaca un presupuesto previsto de 109 millones de dólares en los próximos cinco años para instalar tecnología de medición avanzada en toda la red, empezando por el área metropolitana y sus alrededores (basado en un estudio de viabilidad financiado por la CAF).

Digitalización

La mayoría de las empresas de servicios públicos analizan sus sistemas de TI como lo harían con sus activos físicos, planificando, construyendo y operando los sistemas en el transcurso de unas cuantas décadas antes de que se consideren obsoletos y se sustituyan. El problema de este punto de vista tradicional es que la recuperación de costos del proyecto suele mantenerse para cubrir únicamente la inversión inicial, en lugar de tener en cuenta el aumento de la generación de ingresos de hasta dos o tres veces el costo inicial del proyecto¹⁴⁷. Si, por el contrario, las empresas de servicios públicos tuvieran en cuenta que la inversión inicial en sistemas informáticos podría modernizar los proyectos y mejorar en gran medida tanto la vida del proyecto como los ingresos potenciales, podría haber un medio de obtener beneficios financieros.

En general, la digitalización y las mejoras en las tecnologías de la información tienen cuatro beneficios principales. El primero, la mejora de la eficacia tiene el potencial de reducir la gravedad de sucesos como los apagones y los cortes de electricidad. En segundo lugar, la mejora de la eficacia puede generar ahorros por la reducción de los costos de mantenimiento y la reducción del tiempo de consumo de electricidad. En tercer lugar, la reducción del riesgo de los esfuerzos de modernización es otro beneficio potencial, derivado del ahorro de costos y de programación que se produciría gracias a las mejoras informáticas. Por último, la evolución tecnológica habilitada, la cuarta categoría, tiene el potencial de reducir la inversión en TI básica y permite distribuir los fondos a otras partes necesarias de la infraestructura eléctrica¹⁴⁸.

¹⁴⁵ Varun Nangia, Samuel Oguah y Kwawu Gaba, “¿Pueden las empresas de servicios públicos obtener los beneficios de la infraestructura de medición avanzada? Lessons From The World Bank’s Portfolio” *Live Wire*, no. 2016/66 (Washington D.C.: Grupo del Banco Mundial, 2016), <https://olc.worldbank.org/content/can-utilities-realize-benefits-advanced-metering-infrastructure-lessons-world-bank%E2%80%99s>.

¹⁴⁶ Ex directivo de la ANDE, entrevista realizada por los autores, septiembre de 2020.

¹⁴⁷ Eelco de Jong, Anand Mohanrangan, Aditya Pande y Parker Shi, “Why Utility Boards Should Care about IT Architecture”, en McKinsey & Company, *The Digital Utility: New challenges, capabilities, and opportunities* (McKinsey, 2018), <https://www.mckinsey.com/~media/McKinsey/Industries/Electric%20Power%20and%20Natural%20Gas/Our%20Insights/The%20Digital%20Utility/The%20Digital%20Utility.pdf>.

¹⁴⁸ De Jong et al., “Why Utility Boards Should Care About IT Architecture”.

Después de que las redes inteligentes estén bien establecidas en Paraguay, el siguiente paso es que la ANDE adopte la revolución de la digitalización para optimizar sus redes, el servicio a los clientes y las capacidades de supervisión. Con el reciente desarrollo por parte de la ANDE de un plan de TIC para la rápida modernización y digitalización de su red existente, la ANDE está en camino de aprovechar los numerosos beneficios asociados a este proceso. Sin embargo, queda por ver hasta qué punto el presupuesto asignado a las TIC se convierte en una realidad totalmente detallada. Una vez que la digitalización se convierta en parte integrante de las operaciones de la ANDE, podrían adoptarse otras tecnologías. Por ejemplo, algunas empresas de servicios públicos han aprovechado los drones, el procesamiento de imágenes y las tecnologías LIDAR para la inspección automática de las líneas eléctricas¹⁴⁹.

Dado que la reducción de las pérdidas de distribución es el reto fundamental de la ANDE, hay que apoyarla en la aplicación de su plan. La ANDE también puede utilizar la digitalización para predecir la probabilidad de fallo de los modelos. Basándose en una serie de datos, como la información geográfica, las anomalías históricas y la información meteorológica, la ANDE puede predecir la probabilidad de fallo del sistema en diferentes puntos de la cadena de valor. El uso de modelos predictivos de este modo puede ayudar a la ANDE a prever los fallos antes de que se produzcan y a elaborar estrategias de financiación para modernizar los equipos antes de que se produzcan los fallos¹⁵⁰. El despliegue del SGIDE es un buen primer paso en la dirección correcta.

Es importante asignar digitalmente cada consumidor existente a un elemento específico del sistema de distribución: transformador, alimentador y subestación. Estos elementos serían contadores, y sus mediciones de contadores tendrían que cotejarse con el consumo de todos los consumidores de ese elemento. Estos sistemas de información también sentarían las bases para un futuro hecho de una red inteligente que interactúe con edificios eficientes, estaciones de carga de vehículos eléctricos y pilas de combustible, lo que a su vez convertirá a Asunción en una ciudad inteligente. Sin necesidad de depender de grandes corporaciones multinacionales, la ANDE podría llevar a cabo este esfuerzo con el apoyo de establecimientos locales de investigación e ingeniería¹⁵¹.

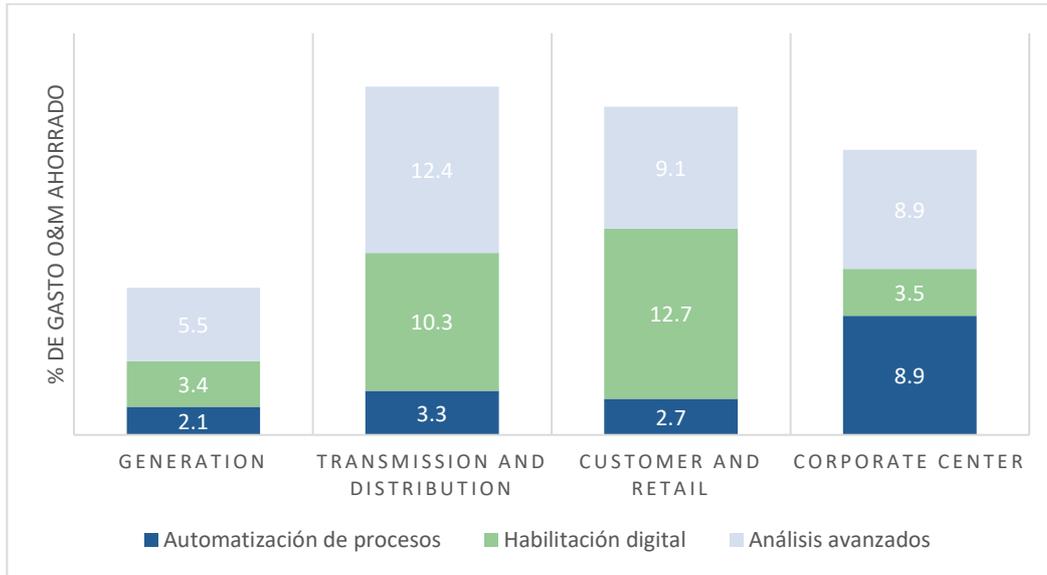
Además, cuando se aplica no sólo en un área concreta de la cadena de suministro de una empresa de servicios públicos, sino en toda ella, la digitalización ofrece un importante potencial de ahorro de costos, que permitirá amortizar la inversión con relativa rapidez. Aunque el mayor potencial de ahorro se encuentra en las áreas de transmisión, distribución e interfaz con el cliente, la generación y la administración corporativa también pueden salir ganando. En la Figura 22 se muestra una estimación del ahorro potencial de costos en cada uno de estos sectores. Para justificar la digitalización, la ANDE debe investigar cuánto ahorraría al año.

¹⁴⁹ Marcus Braun, Eelco de Jong, Alfonso Encina y Tim Kniker, “Fueling Utility Innovation Through Analytics”, McKinsey & Company: Electric Power & Natural Gas, 17 de abril de 2018, <https://www.mckinsey.com/industries/electric-power-and-natural-gas/our-insights/fueling-utility-innovation-through-analytics#>.

¹⁵⁰ Braun, Jong, Encina y Kniker, “Fueling Utility Innovation Through Analytics”.

¹⁵¹ Modi, Hu, y Wu, Modelización: Comprender la rentabilidad potencial de las opciones para que Paraguay satisfaga las necesidades futuras de energía y de potencia máxima.

Figura 23: Ahorro potencial de explotación y mantenimiento por sector de servicios públicos



Fuente: Adaptado de McKinsey¹⁵².

2.5.2.2 Enfoques del lado de la demanda

Por el lado de la demanda, los programas de respuesta a la demanda podrían tener como objetivo optimizar el uso de la electricidad y reducir la demanda de energía durante las horas punta, ya que es cuando se producen las mayores pérdidas del sistema. Suavizar el consumo de energía podría ayudar a compensar parcialmente el aumento anual de la demanda de electricidad y retrasar así las inversiones necesarias en infraestructuras. La importancia de los programas de respuesta a la demanda se analiza con más detalle en el capítulo 3.

Programas de control directo de la carga

Los programas de control directo de la carga desconectan a distancia aparatos específicos para reducir las cargas máximas. Las reducciones típicas de la demanda se sitúan en torno a 0,3 kW de consumo energético para los aparatos de aire acondicionado y 0,72 kW para los calentadores de agua de los clientes comerciales¹⁵³. El interruptor puede accionarse a través de señales de radio o de avisos digitales. Dependiendo del ciclo de trabajo seleccionado, el interruptor apaga la unidad o elemento de condensación durante un periodo específico o varias fracciones de un periodo (por ejemplo, 10 minutos cada hora). Los programas de control directo de la carga también suelen limitar el número de veces o de horas que se puede apagar el aparato de un cliente al año o por temporada. En el Cuadro 6 se identifican ejemplos de estos tipos de programas de control directo de la carga en dos países diferentes.

¹⁵² Adrian Booth, Eelco de Jong y Peter Peters, “Accelerating Digital Transformations: A Playbook for Utilities”, en McKinsey & Company, *The Digital Utility: New challenges, capabilities, and opportunities* (McKinsey, 2018), <https://www.mckinsey.com/~media/McKinsey/Industries/Electric%20Power%20and%20Natural%20Gas/Our%20Insights/The%20Digital%20Utility/The%20Digital%20Utility.pdf>.

¹⁵³ Burns and McDonnell Engineering Company, *Demand Side Management Study* (Kansas City: Burns and McDonnell Engineering Company, 2019), <https://cms.cws.net/content/rpu.org/files/RPU%20Demand%20Side%20Management%20Study.pdf>.

Cuadro 6: Programa de control directo de la carga en Vietnam y en Estados Unidos

En un programa piloto de Control Directo de la Carga implantado en Vietnam, el control de la carga se ejercía sólo cuando la red eléctrica experimentaba un desequilibrio importante entre la oferta y la demanda. A los 2.000 clientes participantes se les garantizó que el control de carga no se impondría más de 60 veces en un año¹⁵⁴.

Aunque el control directo de la carga no está muy extendido en los países emergentes y en vías de desarrollo, en Estados Unidos lleva varias décadas funcionando. Diversas empresas de servicios públicos empezaron a desarrollar y desplegar grandes programas a finales de los años 60 y los ampliaron considerablemente desde entonces hasta incluir docenas de programas de control directo de la carga a partir de 2020. El programa Energy Wise Home de Duke Energy Florida es uno de los mayores de estos programas, con 960.000 clientes¹⁵⁵. Los costos medios en Estados Unidos de las 11 mayores empresas de reducción de la demanda ascienden a 47 dólares/kW, siendo los sectores residenciales más costosos que sus homólogos comerciales e industriales¹⁵⁶.

Precios dinámicos

La tarificación dinámica también tiene beneficios potenciales para los clientes, ya que un cambio en los patrones de consumo puede dar lugar a tarifas más bajas. La normativa actual en Paraguay cobra a los grandes consumidores una tarifa básica de reserva de carga y los penaliza si superan este umbral. Esto requiere que los consumidores proyecten con precisión su consumo anual y celebren un contrato de un año con la ANDE. Los umbrales actuales de incidencia se sitúan por encima del 10% de la reserva de carga para los clientes conectados a media tensión y del 5% para los conectados a líneas de alta y muy alta tensión¹⁵⁷. Además, el costo actual de la energía de demanda máxima según el Pliego 21 varía con respecto al precio de la energía fuera de punta, tanto para las subestaciones como para las conexiones a las líneas¹⁵⁸. La Tabla 19 presenta estos planes.

¹⁵⁴ Charles River Associates, *Applications of Dynamic Pricing in Developing and Emerging Economies* (Washington D.C.: Banco Mundial, 2005), <https://www.slideshare.net/lmaurer/Applications-of-Dynamic-Pricing-50505>.

¹⁵⁵ Thomas Artau, “Duke Energy Florida’s Award-Winning Initiative”, grabación de presentación, PLMA, 4 de agosto de 2016, <https://www.peakload.org/DukeFla>.

¹⁵⁶ Asa Hopkins y Melissa Whited, *Best Practices in Utility Demand Response Programs* (Cambridge: Synapse Energy Economics, 2017), <https://www.synapse-energy.com/sites/default/files/Utility-DR-17-010.pdf>.

¹⁵⁷ ANDE, “Condiciones Generales: Modificación de la Potencia Reservada” (ANDE, 2018), https://www.ande.gov.py/docs/tarifas/ande_potencia_reservada_carta_condiciones_generales.pdf.

¹⁵⁸ República del Paraguay, Decreto N° 6904, 2017; República del Paraguay, Pliego de Tarifas N° 21.

Tabla 19: Estructura tarifaria de Pliego 21 para la energía en punta y fuera de punta y la energía de reserva

Concepto de política	Unidades	Industrial		Otros		Gobierno		Clientes de consumo variable		Clientes de alta tensión	
		Subestación - MT	Línea - MT	Subestación - MT	Línea - MT	Subestación - MT	Línea - MT	Subestación - MT	Línea - MT	Categoría 640	Categoría 621
Potencial de reserva	G/kW-mes	36,011	38,127	32,901	41,126	20,550	21,686	N/A	N/A	34,761	31,033
Exceso de reserva	G/kW-mes	87,533	87,533	87,533	87,533	87,533	87,533	N/A	N/A	N/A	N/A
Pico de energía	G/kWh	262.78	304.27	318.10	331.93	276.61	276.61	262.78	262.78	245.80	232.40
Energía en horas bajas	G/kWh	153.37	167.68	164.80	144.83	193.10	193.10	162.95	153.37	169.50	165.40
Exceso de energía pico de reserva	G/kW-mes	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	116,195	116,195	113,646	111,426
Exceso de reserva de energía fuera de punta	G/kW-mes	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	81,802	81,802	73,000	65,708
Potencial de reserva de picos	G/kW-mes	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	34,689	38,732	N/A	N/A
Potencial de reserva fuera de horas punta	G/kW-mes	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	23,597	23,800	N/A	N/A

Fuente: Pliego 21¹⁵⁹.

¹⁵⁹ República del Paraguay, *Pliego de Tarifas No. 21*.

Aunque la tarificación dinámica se aplica a los clientes industriales, sería especialmente importante desplegarla en las zonas residenciales y, en particular, en Asunción, dado que la carga de Paraguay es mayoritariamente residencial y procede en su mayor parte del área metropolitana de Asunción. Como se destaca en el Cuadro 7 fijación de precios dinámicos en el sector residencial funcionó para proporcionar un importante ahorro de electricidad en los Estados Unidos.

La tarificación dinámica puede adoptar varias formas: tiempo de uso, precio de pico variable, reembolso en hora punta, precio de pico crítico. En Paraguay, la introducción de tarifas por tiempo de uso o la fijación de precios en horas punta podría tener un impacto significativo en la demanda de electricidad en horas punta y la ANDE ha compartido su deseo de aplicar dicha medida¹⁶⁰. Un estudio que analiza el impacto de la tarificación dinámica con 68 pilotos en todo el mundo sin tecnología de medición determinó que la introducción de la tarificación dinámica con una tarifa de 7 a 11 veces más barata durante las horas valle conduce a una reducción media de la demanda en horas punta del 14–18%. Aplicando tecnologías de apoyo además de la tarificación dinámica, la reducción del pico para la misma relación de precios aumenta al menos un 7%¹⁶¹.

Cuadro 7: Precios dinámicos en Estados Unidos

Los consumidores estadounidenses podrían ahorrar hasta 10.000 millones de dólares al año si todo el mundo pasara de un sistema de precios fijos a otro de precios dinámicos. Más del 60% de las pruebas piloto realizadas en Estados Unidos han mostrado una reducción de los picos de consumo del 10% o más gracias a la fijación de precios ajustados durante las horas de máxima carga¹⁶². Un estudio que analiza a los clientes del programa Smart Energy Rewards de Baltimore Gas and Electric, que permite a los clientes ganar 1,25 USD por kWh en los Días de Ahorro de Energía, mostró que los clientes ahorraron 32 GWh de electricidad con esta promoción entre 2013 y 2016, lo que supone un ahorro de casi 40 millones de USD¹⁶³. En la ciudad de Nueva York, Con Edison ofrece dos tipos de programas de reembolso en horas punta (programa de notificación de dos horas y programa de notificación de 21 horas). El beneficio para los participantes puede ascender a 180 USD al año por cada kW que se comprometa a reducir durante los periodos de mayor demanda de energía¹⁶⁴. Estos programas también son beneficiosos para el operador del sistema o los servicios públicos. En 2006, el Operador del Sistema Independiente de Nueva York ahorró hasta 91 millones de dólares al año, con un promedio de reducción de carga máxima de 865 MW¹⁶⁵.

2.6 Conclusiones y recomendaciones para el sector eléctrico – Resumen

¹⁶⁰ Entrevista con la ANDE, julio de 2021.

¹⁶¹ Ahmad Faruqui y Sanem Sergici, “Dynamic Pricing and Demand Response” (presentado en IPU’s Annual Regulatory Studies Program: The Fundamentals Course, Lansing, MI: The Brattle Group, 11 de agosto de 2016), https://brattlefiles.blob.core.windows.net/files/5760_dynamic_pricing_and_demand_response.pdf.

¹⁶² Faruqui y Sergici, “Dynamic Pricing and Demand Response”.

¹⁶³ AEE Institute, “Case Study: Navigating Utility Business Model Reform” (AEE Institute, 2017), <https://info.aee.net/hubs/MD%20DR%20Final.pdf>.

¹⁶⁴ “Smart Usage Rewards for Reducing Electric Demand”, ConEdison, <https://www.coned.com/en/save-money/rebates-incentives-tax-credits/rebates-incentives-tax-credits-for-commercial-industrial-buildings-customers/smart-usage-rewards/smart-usage-rewards-for-reducing-electric-demand>.

¹⁶⁵ Federal Energy Regulatory Commission (FERC) y New York Independent System Operator (NYISO) et al., *ISO/RTO Metrics Report: Apéndice C* (FERC, 2010), <https://www.ferc.gov/sites/default/files/2020-05/summary-rto-metrics-report.pdf>.

Soluciones institucionales

1. La creación de un Ministerio de Energía fuerte para supervisar el sector y los medios financieros apropiados debería ayudar a definir una estrategia energética mejor integrada, en particular al embarcarse en la descarbonización de la economía paraguaya, y a supervisar la eficiencia de la empresa pública de electricidad que ahora mismo no está incentivada para mejorar su rendimiento. Aunque delinear los contornos precisos de esta reforma institucional debe ser objeto de un estudio detallado, que está fuera del alcance de este estudio, este informe recomienda las siguientes directrices básicas. La Ley Orgánica 966, que crea a la ANDE, debería ser reformada, y se debería fomentar la participación del sector privado en la distribución para aumentar los índices de recaudación y el rendimiento del sistema. El ministerio también se encargaría de coordinar los planes energéticos con otras instituciones. Un proyecto de ley para la creación de dicho ministerio se encuentra ahora en el Congreso, pero podría fracasar como muchos otros precedentes debido a los intereses creados. Sin embargo, la aprobación de un proyecto de ley de este tipo es fundamental; debe ser diseñado para que su aprobación sea políticamente viable. También necesita un amplio apoyo público, por lo que es fundamental organizar una campaña de sensibilización en la que se destaque su necesidad y se establezca el vínculo entre la ausencia de un ministerio y los cortes de energía rutinarios.
2. El plan maestro de la ANDE debería indicar cómo lograr una mayor electrificación de los usuarios finales (como los que utilizan biomasa) y apoyar un elevado aumento de la eficiencia energética entre los consumidores de electricidad. El plan también debería articularse en torno a la zonificación municipal por zonas residenciales, comerciales e industriales para ayudar al proceso de planificación de la infraestructura eléctrica. El plan maestro debería proporcionar flexibilidad para adaptarse a los cambios en las tecnologías de generación, así como publicar el análisis LCOE que justifique la elección de la tecnología de generación, en particular en lo que respecta a las zonas más remotas. Este análisis LCOE debe considerar los precios en mercados y sus evoluciones anticipadas por las fuentes de referencias como IRENA e AIE (véase el capítulo 3).
3. Debe abordarse la exposición de la ANDE al riesgo cambiario, que está degradando sus finanzas con la depreciación del PYG. Deberían estudiarse los bonos verdes (véase el capítulo 7) o la venta de servicios de valor añadido para aumentar los ingresos a fin de reducir esa exposición.

Soluciones técnicas

1. Si bien es importante construir nuevas plantas de generación y líneas de transmisión para acomodar la mayor demanda, Paraguay también necesita reducir las pérdidas de distribución, que representan el 78% de las pérdidas totales. La modernización de las redes de distribución, la instalación de sistemas de comunicación eficaces a través de la fibra óptica para permitir la expansión del sistema de medición avanzada, y los avances más amplios de la digitalización deben ser acelerados y eliminados los obstáculos para reducir las pérdidas de distribución tanto técnicas como no técnicas.
2. La adopción de programas de Control Directo de la Carga y la ampliación de los precios dinámicos a los clientes residenciales en el área metropolitana de Asunción podrían reducir el consumo durante las horas punta (véase el capítulo 3 para más explicaciones). La creación de directrices

generales para la mejora de la gobernanza y la regulación de la eficiencia energética debería contribuir a mitigar el consumo de energía (véase 3). Estas medidas son necesarias para mejorar el factor de carga, que está por debajo del 60%, así como para reducir la inversión en el sistema eléctrico.

3. La tarifa es ligeramente superior al costo de la electricidad vendida. Dado que los costos asociados a la generación y el transporte (costo de la energía y la capacidad) y los costos de distribución evolucionan por separado con distintos impulsos, conviene seguirlos e informar de ellos por separado. Esto también permitirá un ajuste más preciso de las tarifas. Además, existe una subvención cruzada de los clientes residenciales de baja tensión a los usuarios industriales, y la subvención para los clientes de bajos ingresos está mal diseñada. Una evaluación técnica periódica de las subvenciones de la estructura tarifaria y de las tarifas para los clientes no subvencionados ayudaría a maximizar las tasas de recaudación potenciales, aumentar los ingresos globales y abordar la pobreza energética. Si bien el costo de la electricidad vendida podría bajar una vez que se pague la deuda de Itaipú en 2023, el Congreso podría decidir disminuir también las tarifas, lo que posiblemente pondría en peligro aún más las futuras necesidades de financiamiento de la ANDE; por lo tanto, es fundamental seguir monitoreando la diferencia entre el costo de la electricidad vendida y la tarifa (véase el capítulo 7 para una mayor discusión sobre el impacto de la tarifa).

3. Cómo cubrir los picos de demanda de forma rentable

Este capítulo aborda la “escasez de suministro” de electricidad en relación con la demanda máxima que se destacó en el capítulo 2, introduciendo dos modelos que muestran cómo cubrir la demanda máxima de forma rentable. El primero es un modelo de adecuación de recursos que muestra la inversión necesaria en generación, almacenamiento y transmisión interzonal que minimiza el costo operativo anual del sistema eléctrico y la inversión de capital anualizada. El segundo modelo, ya comentado en el capítulo anterior, estudia el potencial de las importaciones y exportaciones eléctricas regionales en el conjunto de la región del Cono Sur a través de siete escenarios diferentes. *Ninguno de estos modelos es un estudio de ingeniería detallado de todo el sistema de distribución y transmisión de electricidad de Paraguay y sus países vecinos. Por el contrario, se trata de una modelización como ayuda para sugerir posibles vías que Paraguay puede explorar para reducir el costo de cubrir los picos de demanda. Además, cualquier modelización del futuro está plagada de problemas de suposición, ya sea de demanda, oferta o costos.*

Este capítulo se divide en cuatro secciones. Después de describir el problema de la demanda máxima en Paraguay en la Sección 1, la Sección 2 presenta el modelo de adecuación de recursos y destaca los resultados clave desde una perspectiva de alto nivel (basada en el informe técnico “*Modelización: Comprender la rentabilidad potencial de las opciones para que Paraguay satisfaga las necesidades futuras de energía y de potencia máxima*”). La sección 3 explica el modelo de interconexión regional, con los resultados clave y los escenarios ideales para una perspectiva optimista para Paraguay (basado en el informe técnico *SimSEE Simulation*). La sección 4 reflexiona sobre los resultados de cada uno de estos estudios e introduce el sistema de mercado eléctrico regional SIEPAC en América Central como un estudio de caso para mostrar cómo podría ser un mercado eléctrico regional para Paraguay en términos de marcos políticos y financieros efectivos. La sección 5 resume los próximos pasos y las recomendaciones clave para que Paraguay supere el desafío de la creciente demanda de energía que se aproxima a 2050.

3.1 El problema de los picos de demanda en Paraguay

El sistema eléctrico paraguayo funciona con grandes bloques de electricidad en cualquier momento para satisfacer la demanda máxima. En consecuencia, se genera una cantidad determinada de electricidad para satisfacer los picos de demanda, aunque no se utilice toda la energía del bloque en ese momento. Si la demanda máxima alcanza un determinado umbral, ANDE libera una gran cantidad de energía en el sistema de distribución. Este sistema es muy costoso, como demuestran los dos modelos descritos en los siguientes apartados.

Además, como se discutió en el Capítulo 2, el pico de demanda anual más alto se produce durante el verano, a última hora de la noche, cuando el sol no brilla, lo que hace que la penetración de la energía solar sea menos efectiva si no se tiene en cuenta el almacenamiento, los programas de reducción de la demanda, la complementariedad con la energía hidráulica y la integración regional, como se discute en las siguientes secciones.

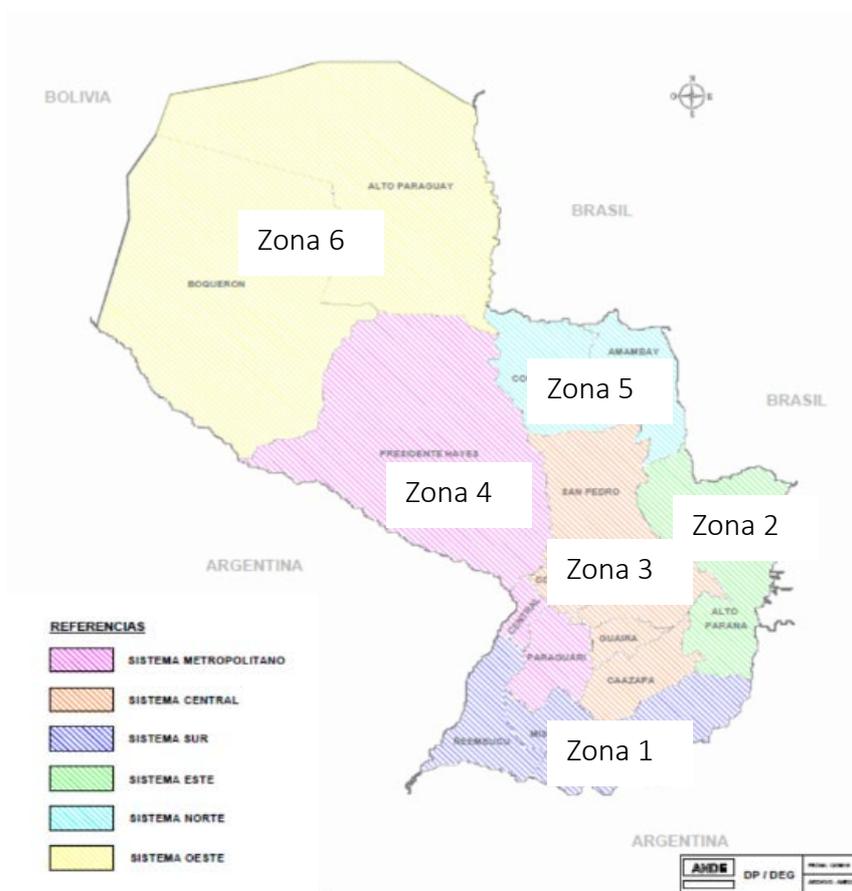
3.2 Inversión nacional necesaria para cubrir la demanda máxima de forma rentable

Como se menciona en la sección 2.3.2, la ANDE estima que se producirá una crisis de suministro en torno a 2033–2036 si se tiene en cuenta la demanda máxima. Con el fin de evaluar soluciones rentables para hacer frente a esta crisis de suministro, este informe presenta el Modelo de Adecuación de Recursos Energéticos de Paraguay (PY-RAM), un modelo de planificación y despacho de capacidad cooptimizado durante un año de funcionamiento horario. El modelo toma como insumos los registros de carga eléctrica, la topología de las líneas de transmisión entre las seis zonas de carga del país, la disponibilidad de recursos energéticos renovables, la estructura de costos de generación y compra de energía, y las nuevas centrales eléctricas propuestas. El modelo ofrece la inversión en generación y transmisión interzonal y los detalles del despacho de energía horaria durante el periodo 2019–2040 que minimiza la suma del costo operativo anual del sistema eléctrico y la inversión de capital anualizada.

3.2.1 Supuestos

La PY-RAM busca minimizar el costo anual de generación de electricidad analizando y contabilizando las interacciones del sistema de carga existente en Paraguay. Para ello, el modelo divide a Paraguay en seis zonas de carga diferentes del sistema eléctrico, en consonancia con los subsistemas de distribución de la ANDE, resaltados en Figura 23 y la Tabla 20.

Figura 24: Zonas de carga del sistema eléctrico de Paraguay



Fuente: Elaboración propia a partir de la ANDE¹⁶⁶.

Tabla 20: Zonas de carga del sistema eléctrico de Paraguay

Zona	Ratio de población	Ratio de consumo de electricidad	Capacidad centralizada instalada
1	11.5%	8.5%	1600 MW
2	14.7%	19.5%	7210 MW
3	23.9%	10.3%	0
4	42.9%	55.0%	0
5	5.9%	5.1%	0
6	1.2%	1.5%	0

Fuente: Elaboración propia a partir de ANDE e INE¹⁶⁷.

Basándose en estas diferentes zonas de carga y en los respectivos porcentajes de población y consumo de electricidad, el modelo capta las cargas de energía relativas que pasan por la red de transporte y sugiere el despacho horario y las ampliaciones de capacidad necesarias para cada zona. El modelo se valida con datos recogidos en el año 2019. A continuación, el modelo trabaja con nueve

¹⁶⁶ ANDE, *Plan Maestro de Obras 2016–2025* (Asunción: ANDE, 2016), https://www.ande.gov.py/documentos/plan_maestro/PM_2016_2025_Gen_Trans_Distrib_Telematica.pdf.

¹⁶⁷ ANDE, *Plan Maestro de Obras 2016–2025*; “Población Paraguay 2.020 por Departamento y sexo según proyección”, Instituto Nacional de Estadística, <https://www.ine.gov.py/vt/Poblacion-Paraguay-2020-por-departamento-y-sexo-segun-proyeccion.php>.

multiplicadores de carga diferentes que van de 1 a 3 por incrementos de 0,25¹⁶⁸. En lugar de años, el modelo asume los multiplicadores de carga como el principal “paso de tiempo” y luego correlaciona los multiplicadores de carga con los posibles años proyectados basados en las proyecciones de carga media y máxima de la ANDE.

Además, el modelo asume que el perfil de carga se mantendrá igual durante el periodo 2019–2040, sin tener en cuenta los cambios o ajustes demográficos regionales. Cualquier escasez de capacidad de generación resultante se modela con el marcador de posición de la opción “tecnología cara”, cuyo precio es el costo de la generación diesel¹⁶⁹. Por último, la PY-RAM no modeló el sistema de distribución en sí mismo ni los cambios en el perfil de carga resultantes de la penetración de los vehículos eléctricos y la biomasa sostenible, cambios clave asumidos en el escenario de emisiones cero (escenario 3) del modelo LEAP (véase el capítulo 1).

3.2.2 Entradas

Los principales datos de entrada de este modelo incluyen el registro de carga horaria durante todo el año y las proyecciones de la ANDE para la carga máxima y media, tal y como se propone en las Proyecciones de la Demanda Energética Nacional 2020–2040 de la ANDE, así como la lista de líneas de transmisión en funcionamiento proporcionada por la ANDE. El modelo ejecuta tres grupos de escenarios: 1) Capacidad de Generación Existente (business as usual), 2) un Escenario de Crecimiento Base (expansión de la Capacidad), y 3) escenarios basados en el Escenario de Crecimiento Base ajustados por medidas de gestión de la oferta y la demanda. En el informe técnico se pueden encontrar más detalles sobre los datos del modelo.

3.2.3 Resultados

La siguiente sección ofrece una visión general de alto nivel de los resultados del modelo.

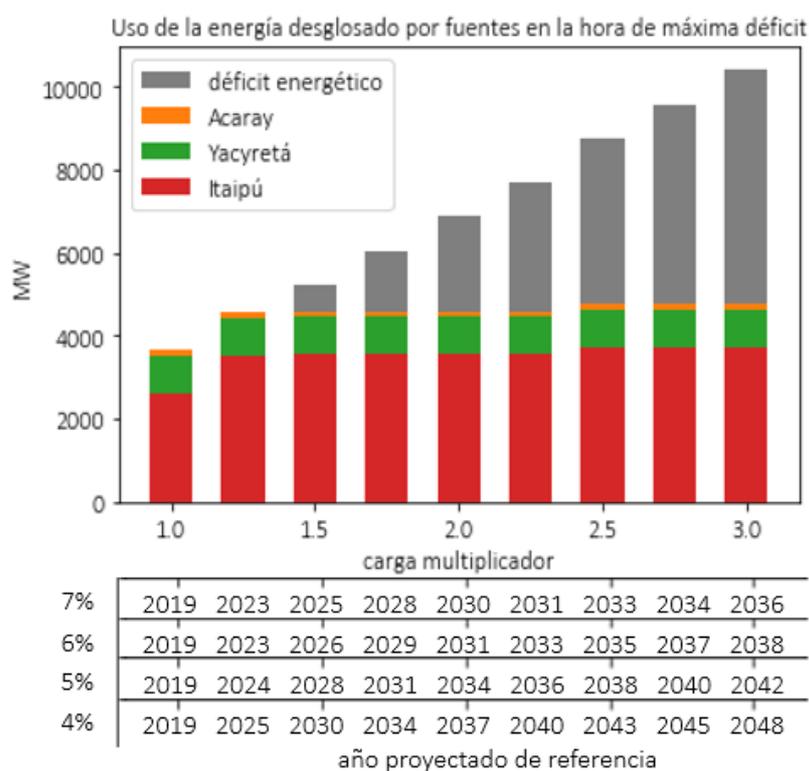
Capacidad existente

Teniendo en cuenta la capacidad de generación existente, el modelo prevé una crisis de suministro en el periodo 2025–2030. Como muestra Figura 24, dado que el modelo funciona con multiplicadores de carga base y no con años, el año de la crisis de suministro depende de la tasa de crecimiento anual de la demanda de energía. Sin embargo, basándose en la tasa de crecimiento supuesta del Plan Maestro de la ANDE 2021–2040 del 4,88%, este modelo anticiparía la crisis de suministro en 2028, una vez que la carga alcance un multiplicador de 1,5 de la carga actual. Esto es entre cinco y seis años antes de lo previsto por la ANDE. Sin embargo, para mayor solidez, este informe ha considerado el peor potencial hidroeléctrico de los últimos 20 años. Un crecimiento más lento o las medidas de eficiencia que se describen a continuación retrasarían la fecha de colapso del suministro.

¹⁶⁸ Un multiplicador de carga de 1 equivale a las cargas media y máxima de 2019 para el sistema eléctrico de la ANDE.

¹⁶⁹ Aunque la brecha de suministro de energía se modela como generación de diésel, esto sólo se hace para atribuir un costo a las cantidades de escasez de energía.

Figura 25: Mezcla de energía en la carga máxima (capacidad existente)



Fuente: Elaborado por los autores.

Escenario de crecimiento base

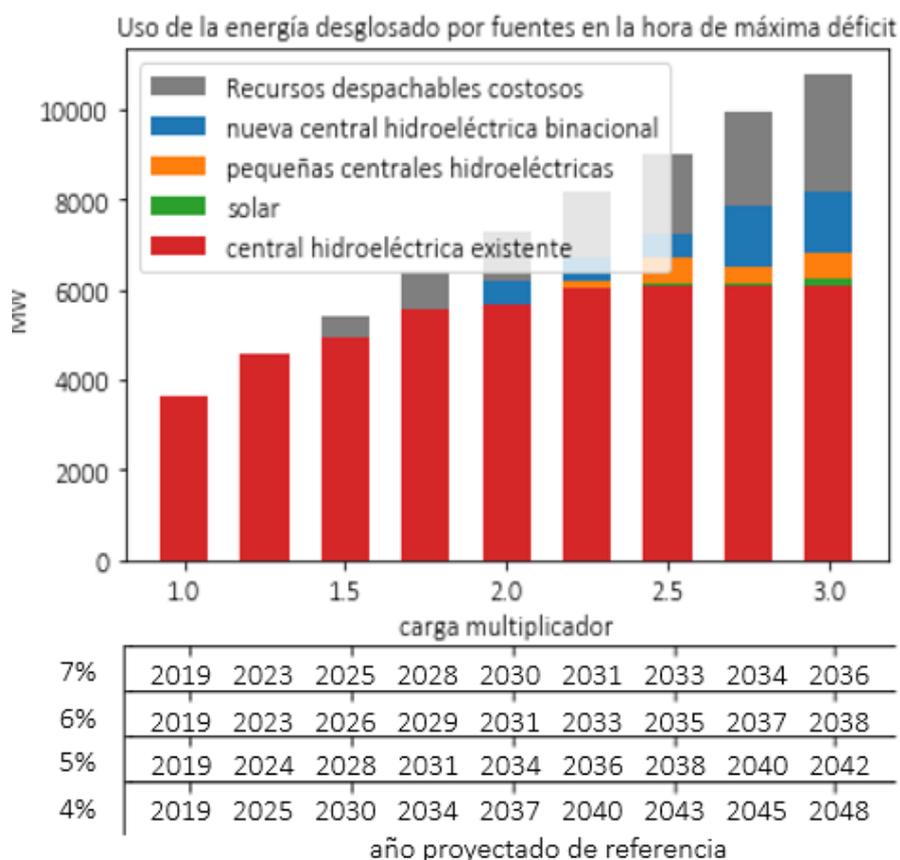
En este escenario, el modelo selecciona el resultado óptimo de todos los proyectos propuestos por la ANDE (pequeñas centrales hidroeléctricas y algunos parques solares fotovoltaicos), el IPSSE (presas hidroeléctricas binacionales) y la energía solar fotovoltaica adicional combinada con el almacenamiento en baterías en función de su costo y del potencial solar del país. El modelo también tiene en cuenta la necesaria ampliación de la capacidad de las líneas de transmisión interzonales. Los resultados de este escenario demuestran que, debido a que la ampliación de la capacidad de generación de electricidad requiere una gran cantidad de tiempo y recursos, especialmente para las nuevas centrales hidroeléctricas, el impacto del desarrollo de estas opciones de generación no retrasa la crisis de suministro a corto plazo cuando se considera la demanda de carga máxima. Como muestra Figura 25 año de la crisis de suministro con la tasa de crecimiento de la demanda energética asumida del 4,88% sigue siendo 2028.

El modelo sugiere que Aña Cua y la ampliación de Yacyretá propuesta por el IPPSE deben entrar en servicio a más tardar cuando la demanda se duplique respecto a los niveles de 2019 (o el año 2034, para una tasa de crecimiento anual promedio de la demanda del 5%). Se espera que tanto Corpus Christi como unos 800 MW en total de centrales hidroeléctricas nacionales entren en funcionamiento antes del año 2040 si se considera la misma tasa de crecimiento. Sin embargo, la correlación temporal y espacial entre las principales centrales hidroeléctricas, todas ellas situadas en el río Paraná, hace más difícil el suministro fiable de energía sin añadir variedad al sistema.

Así, el modelo muestra una cantidad considerable de recursos despachables caros para satisfacer la demanda en las horas de máxima carga. Sin ningún método de reducción de la carga máxima, el potencial de los recursos energéticos renovables no puede aprovecharse plenamente desde el punto de

vista económico. Aunque el modelo permite tener en cuenta el almacenamiento en baterías, su elevado costo y su corto periodo de funcionamiento impiden que el modelo dé como resultado grandes cantidades de almacenamiento en baterías como proveedor de flexibilidad del sistema. Este resultado anima a estudiar métodos alternativos de almacenamiento y reducción de picos de carga que se comentan a continuación.

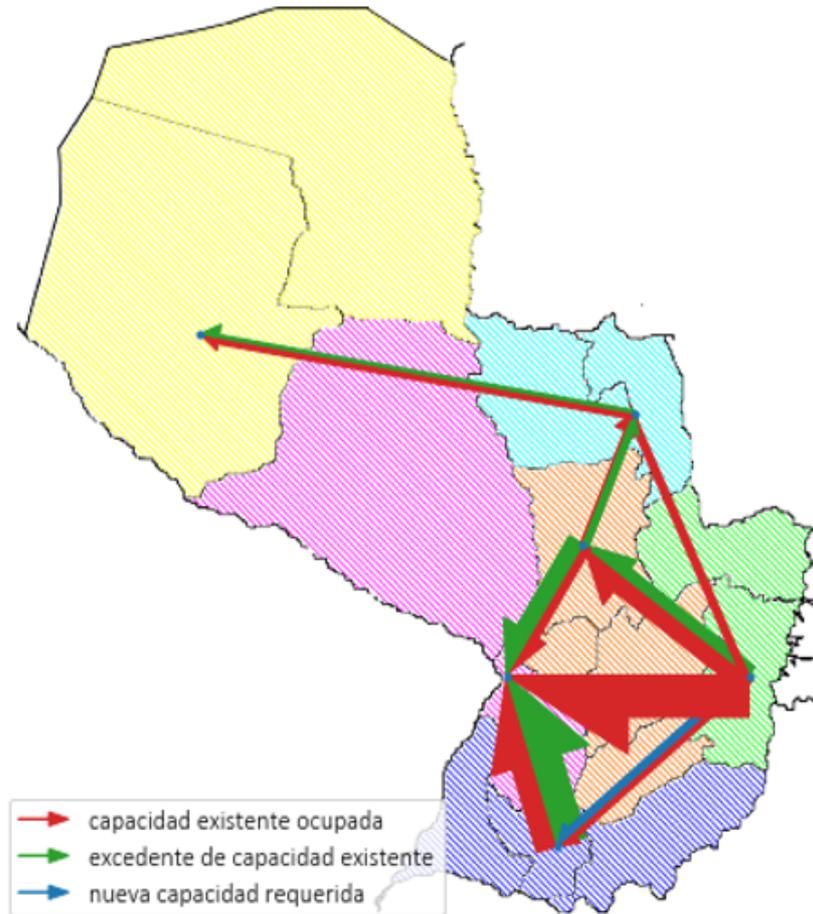
Figura 26: Mezcla de energía en el pico de carga (escenario de crecimiento base)



Fuente: Preparado por los autores.

Figura 26 ofrece un resumen de alto nivel de la capacidad existente, el excedente y el déficit de la red de transporte, cuando la carga alcanza un multiplicador de 1,5 de la carga actual.

Figura 27: Capacidad de la red de transporte a 1,5 veces la carga de 2019



Fuente: Preparado por los autores.

Escenarios alternativos

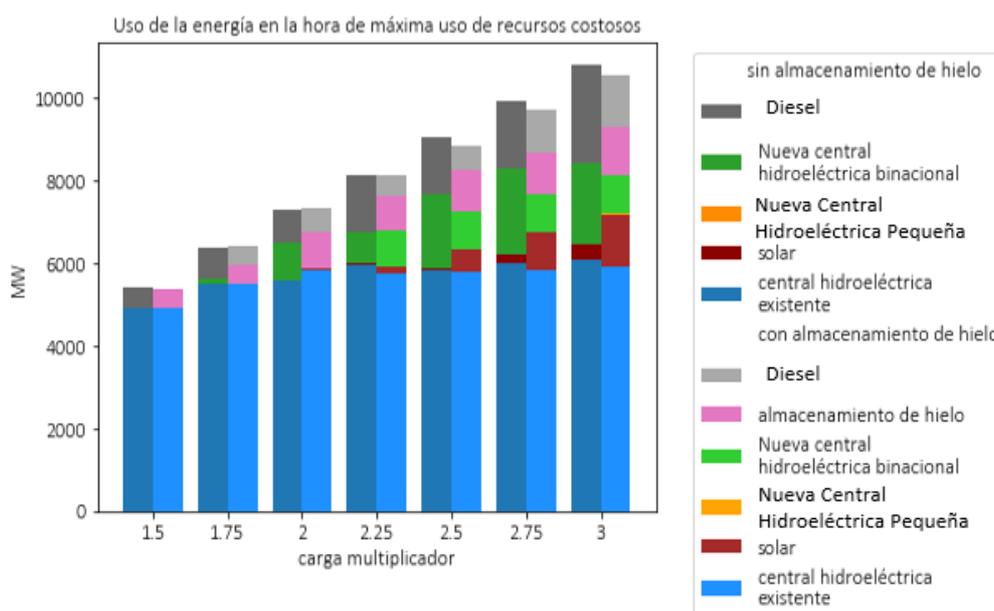
Se exploraron varios escenarios alternativos con PY-RAM para comprender las medidas rentables de oferta y demanda para satisfacer las cargas máximas. Aunque en el informe técnico se analizan estos escenarios con más detalle, a continuación se exponen algunas conclusiones de los resultados de estos escenarios.

Por el lado de la oferta, la principal sugerencia es examinar el potencial del hydropeaking para compensar la escasez de suministro en los momentos de máxima carga. El hydropeaking –el proceso por el cual el exceso de agua se utiliza para generar electricidad adicional a través de turbinas hidroeléctricas durante los períodos de alta demanda– es una forma de producir más electricidad en intervalos cortos. Al utilizar el hydropeaking en las nuevas presas hidroeléctricas nacionales y binacionales, el modelo estima que el hydropeaking es hasta un 30% más barato que otras fuentes de generación de carga máxima en Paraguay, con una tasa del 35% en el área metropolitana de Asunción. El modelo anticipa que el efecto sería mayor si se readaptan las presas existentes.

Aunque la batería es una de las formas más comunes de almacenamiento, las hipótesis y los resultados del modelo sugieren que las baterías para el almacenamiento a gran escala en la red eléctrica siguen siendo de alto costo. Sin embargo, a medida que los costos de las baterías bajen, se reduzca su degradación por los ciclos y aumente su vida útil, su papel en el almacenamiento de la red podría ser viable.

Desde el punto de vista de la demanda, merece la pena examinar el uso del almacenamiento de hielo, ya que la carga dominante en Paraguay es la de la refrigeración mediante CA. Para este uso final, el almacenamiento de hielo o el almacenamiento térmico es una alternativa más barata que el almacenamiento en baterías; tiene una vida más larga y podría crear puestos de trabajo a nivel local, ya que la fabricación, el montaje y la instalación aprovechan la mano de obra poco cualificada. El almacenamiento de hielo utiliza la energía fuera de las horas punta para congelar el agua, de modo que durante las horas de máxima carga el sistema utiliza el hielo frío para regular una temperatura más fresca, de forma parecida a un aparato de aire acondicionado. Como la carga máxima de Paraguay se produce por la noche y está asociada al elevado uso de los aparatos de aire acondicionado residenciales (como se explica en el capítulo 2), esta alternativa ayuda a reducir la demanda de carga máxima y promueve el uso de electrodomésticos eficientes desde el punto de vista energético (también analizado en el capítulo 4). Como muestra Figura 27, el almacenamiento de hielo por sí solo traslada el año de crisis de la oferta de 2028 (multiplicador de 1,5) a 2031 (multiplicador de 1,75) (utilizando el mismo calendario correspondiente a los multiplicadores presentados en la Figura 25)¹⁷⁰. El almacenamiento de hielo, sin embargo, depende de los sistemas centrales de refrigeración de los edificios y, por tanto, se adapta mejor a las nuevas construcciones.

Figura 28: Combinación de energía en la carga máxima (con almacenamiento de hielo en rosa)



Fuente: Elaborado por los autores.

Otra medida importante por el lado de la demanda es un programa de respuesta a la demanda (DR), que crea incentivos económicos para los clientes que reducen o cambian su uso de electricidad durante las horas punta (como se ha comentado en el capítulo 2). Asumiendo un programa de RD en Paraguay análogo al utilizado en el estado de Nueva York¹⁷¹, la PY-RAM indica un ahorro alcanzable en la generación de 30~40 USD por cada kW de potencia reducida al año. Si se considera que la energía

¹⁷⁰ Esto supone una tasa de crecimiento de la demanda energética del 5,9%, la misma tasa utilizada en el Plan Maestro 2021–2040 de la ANDE para el periodo 2021–2030.

¹⁷¹ NYISO, 2020 Annual Report on Demand Response Programs (NYISO, 2020), <https://www.nyiso.com/documents/20142/18508130/NYISO-2020-Annual-Report-on-Demand-Response-Programs-FINAL.pdf/820330e8-d51f-9315-fa01-c6590a62013a>.

hidroeléctrica o la solar fotovoltaica es la inversión marginal para la carga máxima, este ahorro puede ascender a 120~200 USD/kW al año. Un programa de RD también es beneficioso para el sistema de transmisión y distribución. Sobre la base de la inversión indicada en el plan maestro 2016–2025 de la ANDE, el valor fiscal global del programa de RD podría ascender a 75~275 USD por cada kW reducido al año. Con este incentivo, los propietarios de edificios podrían considerar la posibilidad de cambiar las actividades de alto consumo energético durante las horas punta, instalar generadores de recursos sostenibles distribuidos, mejorar la eficiencia de los sistemas de CA e invertir en dispositivos de almacenamiento térmico (como la refrigeración por hielo).

El almacenamiento de energía en combinación con un programa de RD facilitaría la penetración de las energías renovables. El modelo simuló el potencial solar y eólico a partir de bases de datos de código abierto¹⁷² y asumiendo gastos de instalación con vistas al futuro. El modelo revela que los paneles solares fotovoltaicos fijos y los aerogeneradores tienen el mayor factor de capacidad en la zona noroeste del país y que el valor de la energía solar y eólica se amplifica cuando se introducen tecnologías de almacenamiento de energía. Los generadores de energía renovable distribuidos mediante sistemas solares domésticos y minirredes pueden aportar beneficios adicionales al sistema de distribución, que no se evalúan en el modelo.

Resumen de resultados

De este análisis se desprenden las siguientes conclusiones:

1. El papel del almacenamiento de energía es fundamental para catalizar el desarrollo de fuentes de energía renovables variables, como la solar fotovoltaica y la eólica.
2. Teniendo en cuenta el tiempo para desarrollar la generación a escala de servicios públicos y la red asociada, Paraguay experimentará una escasez de suministro ya en 2028, incluso teniendo en cuenta la expansión de la generación si el crecimiento continúa como se proyecta.
3. Merece la pena examinar las opciones de almacenamiento de energía comercial más baratas, como el almacenamiento en hielo y el hydropeaking, combinadas con medidas de eficiencia, como los programas de RD, los electrodomésticos de bajo consumo y los códigos de construcción (véase el capítulo 4). Éstas permitirán a la ANDE retrasar considerablemente la crisis de suministro y ganar tiempo, reduciendo así el desajuste temporal entre el fallo de suministro y el funcionamiento de la nueva generación. Podrían permitir a la ANDE posponer la necesidad de baterías conectadas a la red para aprovechar su ventaja de costos, ya que se espera que su costo se divida por dos en 10 años.
4. La inversión en la digitalización y la recopilación y el análisis de datos es fundamental para garantizar el seguimiento oportuno de esta estrategia. Hay un retraso en el mantenimiento de los sistemas de distribución que provoca tanto problemas de fiabilidad como un mal rendimiento operativo, tal y como se ha comentado en el capítulo 2, y la eficiencia de los electrodomésticos de uso final parece ser baja, impulsada por unos consumidores muy preocupados por el precio que compran unidades de aire acondicionado de ventana importadas de bajo costo sin una evaluación comparativa y unas normas adecuadas. La nueva construcción, impulsada por la urbanización y el aumento de los ingresos, puede impulsar la rápida adopción de

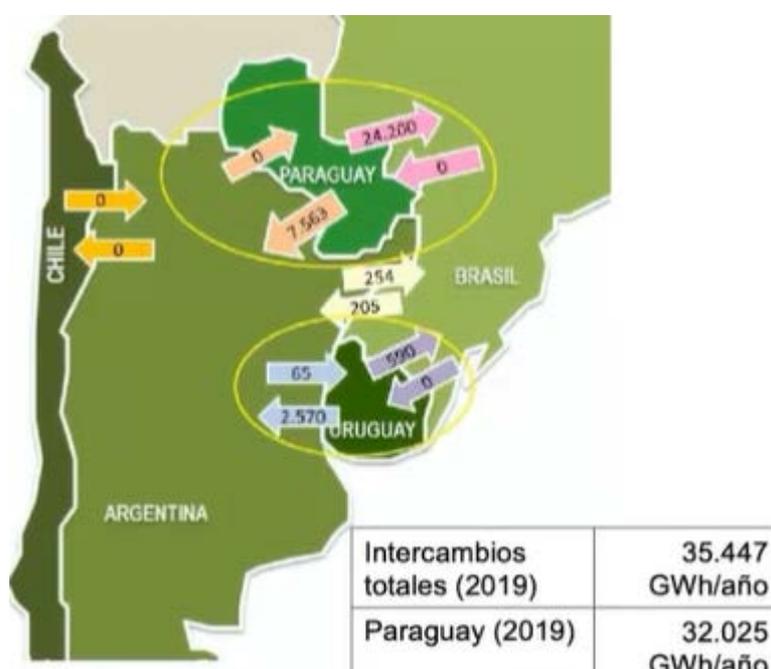
¹⁷² “Photovoltaic Geographical Information System”, EU Science Hub, Comisión Europea, 24 de marzo de 2021, <https://ec.europa.eu/jrc/en/pvgis>; “Integrated Surface Database”, National Centers for Environmental Information (NCEI), National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), <https://www.ncdc.noaa.gov/isd>.

electrodomésticos más eficientes desde el punto de vista energético, lo que a su vez puede dificultar que la empresa de servicios públicos se mantenga al día con la carga heterogénea.

3.3 Retos y resultados de la conexión regional

Actualmente, Paraguay se encuentra interconectado con Brasil a través de Itaipú con 14.000 MW y Acaray con 200 MW (actualmente no operativa) y con Argentina con Yacyretá con 3.100 MW, Guarambaré con 80 MW y El Dorado con 30 MW. Brasil está interconectado con Argentina con un potencial de 2100 MW y una conexión de 50 MW cerca de Paso de los Libres. Uruguay está conectado con Argentina con un potencial de 2000 MW y con Brasil con un potencial total de 570 MW. Las principales interconexiones regionales se identifican en Figura 28.

Figura 29: Transmisión regional de energía en la región SIESUR (2019)



Fuente: ANDE¹⁷³.

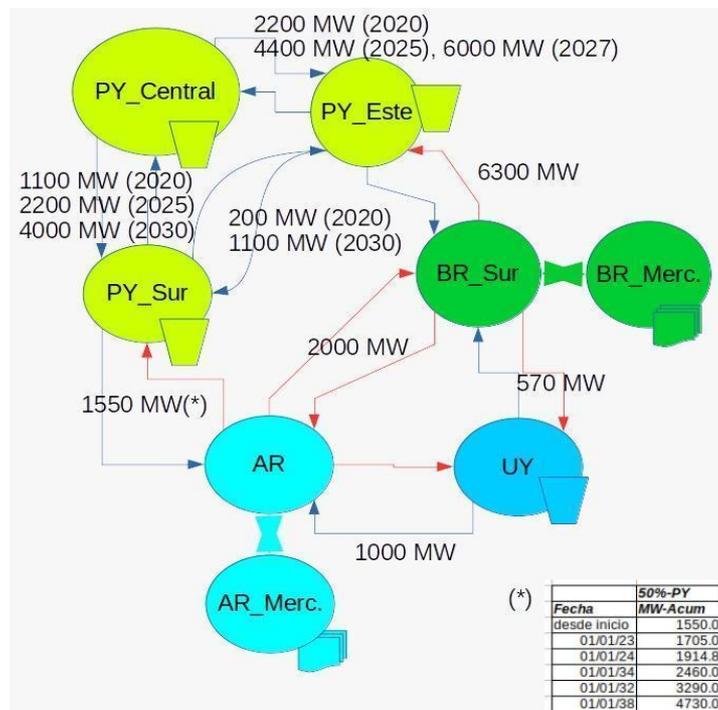
¹⁷³ Escudero, *Integración Energética Regional*.

3.3.1 Supuestos

El modelo SimSEE, que abordó las interacciones de la demanda de energía del mercado cerrado en el capítulo 2, fue la base para explorar los impactos de las conexiones eléctricas regionales del mercado abierto para Paraguay entre 2020 y 2050. Para construir este modelo regional, el modelo asume el sistema eléctrico presentado en el Plan Maestro de la ANDE 2021–2040, el último documento oficial disponible en el momento de la construcción de este modelo. Paraguay se describe con tres nodos interconectados, Py_Central, Py_Este y Py_Sur, que representan tres regiones geográficas de Paraguay. Además, Argentina está representada como un único nodo, mientras que la región sur de Brasil, BR_Sur, está referenciada como el principal punto de conexión para la región del Cono Sur. Por último, Uruguay también está representado en el modelo como un nodo separado, UY. Figura 29 presenta estos nodos junto con sus trayectorias y capacidades máximas de transmisión en términos de potencia (MW).

Los intercambios transfronterizos de electricidad se valoran por el excedente/déficit del país exportador/importador multiplicado por el costo marginal del país importador a un precio determinado. Así, para que exista el intercambio, debe haber una diferencia de precios entre los nodos importadores y exportadores. Se incluye una restricción adicional en forma de "peaje" o tasa de transmisión. Estas tarifas se denominan Delta de exportación y en el modelo oscilan entre 10 y 10.000 USD/MWh. Si se realiza un análisis de sensibilidad de la variable de exportación Delta, se puede "abrir" o "cerrar" deliberadamente un país a los intercambios transfronterizos de energía. Por ejemplo, la exportación Delta de 10.000 USD/MWh, que es superior a cualquier valor de pérdida de carga, denota un enlace de transmisión transfronterizo cerrado.

Figura 30: Estructura del mapa nodal del modelo SimSEE

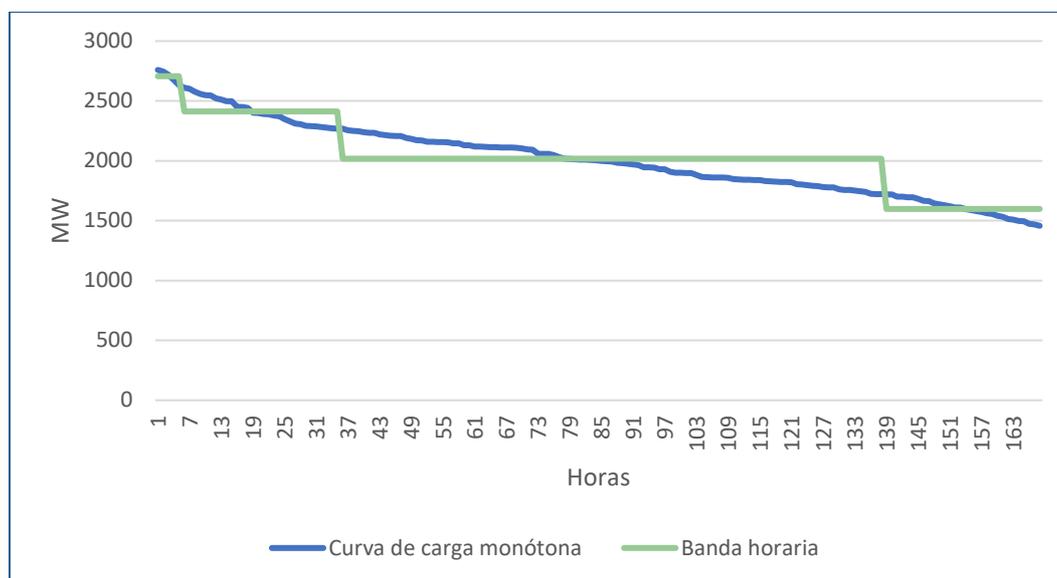


Fuente: Banco Mundial.

El modelo tiene en cuenta tanto las fluctuaciones de la demanda a corto plazo en la demanda horaria durante el transcurso de una semana, basándose en los datos históricos, como la demanda a largo

plazo, basada en las proyecciones anuales de consumo de energía por año. Para simplificar el nivel de cálculo y mejorar la eficiencia del modelo, las 168 horas de cada semana se convirtieron en cuatro “bandas de carga”, promediando las demandas de energía para cada escenario de demanda. Para la demanda máxima, se utilizó la media de las 5 primeras horas. Para la demanda alta, se utilizó la media de las 30 horas siguientes. Un proceso similar produjo los valores de demanda media y baja. Este proceso se muestra en Figura 30.

Figura 31: Superposición de la banda de carga en la curva de carga semanal decreciente



Fuente: Preparado por los autores.

A diferencia de Paraguay, Argentina y Brasil son proveedores ilimitados de energía cuando su electricidad es más barata que en Paraguay y tienen un costo marginal constante, lo cual es, por supuesto, idealizado, ya que tienen sus propias necesidades y escasez de energía, por lo que no se puede contar siempre con ellos como proveedores garantizados de energía. Esta suposición exagera los beneficios de la integración regional. Sin embargo, los resultados del modelo permiten evaluar aproximadamente un equilibrio saludable entre la inversión nacional y la integración regional.

3.3.2 Entradas

Los principales datos del modelo se encuentran en el informe técnico.

Como se menciona en el Capítulo 2, se utilizaron siete escenarios principales en el modelo para comprender mejor la demanda y la oferta de electricidad regional, de mercado abierto, para Paraguay. Estos escenarios son:

1. La actividad habitual
2. Escenario de cero emisiones
3. Plan Maestro de la ANDE 2021–2040
4. Plan Maestro de la ANDE 2021–2040 con la Hidroeléctrica Binacional
5. Plan Maestro de la ANDE 2021–2040 con la Hidroeléctrica Binacional y las Renovables
6. Alta inversión en energías renovables
7. Inversión moderada en energías renovables

3.3.3 Resultados

Mientras que los resultados resumidos se presentan en este informe principal, los resultados detallados de cada uno de los escenarios pueden encontrarse en el Apéndice D (mientras que los supuestos detallados se encuentran en el informe técnico correspondiente).

Tabla 21: Resumen de datos para los escenarios de mercado abierto

Componente	Escenario	La actividad habitual			Camino de las emisiones cero			Plan Maestro de la ANDE			Plan Maestro de la ANDE con binacionales			Plan Maestro de la ANDE con binacionales y renovables			Alta inversión en energías renovables			Inversión moderada en energías renovables		
		Unidades	2030	2040	2050	2030	2040	2050	2030	2040	2050	2030	2040	2050	2030	2040	2050	2030	2040	2050	2030	2040
Pico de demanda	MW	6119	10445	17988	6388	10746	17368	6388	10746	17368	6388	10746	17368	6388	10746	17368	6389	10746	17368	6388	10746	17368
Exportaciones a Brasil	GWh	12426	2631	3	11449	2208	9	11882	4328	29	10763	10786	977	11625	11076	8257	12476	15617	29016	12951	7883	12404
Exportaciones a Argentina	GWh	10277	4710	682	10167	4353	785	10192	4335	400	11535	9474	1559	11673	10154	8557	10415	7637	11687	9699	5020	5887
Importaciones de Brasil	GWh	22	2466	25779	36	2957	23692	106	2519	20931	88	1202	12720	51	1396	2605	116	4280	14	21	945	2415
Importaciones de Argentina	GWh	220	1813	8112	232	2008	7738	299	2022	8945	33	1672	5259	378	1700	1419	269	193.2	5	625	1811	1567
Fregaderos (Argentina y Brasil)	GWh	3761	688	3	3484	592	6	2994	500	0	4447	864	26	3714	858	1482	3470	1227	14999	2580	630	6648
Energía no suministrada	GWh	0	31	2869	0	39	2237	0	23	2105	0	0	1132	0	0	134	0	0	0	0	7	6
Salida de Itaipú	GWh	45022	44913	45040	45022	44913	45040	44486	43816	43229	45812	42390	41994	45460	41831	42014	45446	44294	45519	44816	43256	45074
Salida de Yacuyretá	GWh	12110	12039	12004	12111	12040	12005	11789	11244	10840	12518	11452	11729	12701	11890	11118	12327	11433	11931	12167	11750	11914
Salida de Acaray	GWh	1121	1059	842	1113	1039	847	746	680	594	949	743	629	1062	989	844	1142	653	768	1052	1194	1186
Salida de Yguazú	GWh	227	191	144	232	210	148	188	146	90	141	130	60	162	164	152	242	114.03	113	205	221	191
Salida de Corpus Christi	GWh	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10604	10642	0	10977	10365	0	0	0	0	0	0
Salida de Itati-Itacora	GWh	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6001	6017	0	6207	5844	0	0	0	0	0	0
Producción de las nuevas pequeñas centrales hidroeléctricas	GWh	0	0	0	0	0	0	130	2123	2063	127	2123	2051	128	2136	2129	0	0	0	0	0	0
Producción de energía solar	GWh	0	0	0	0	0	0	752	2425	2425	754	756	755	748	755	30906	448	18187	69359	0	10123	51994
Producción de energía eólica	GWh	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1549	17913	0	0	0

A partir de estos resultados, la Tabla 22 compara la energía probablemente no suministrada en el mercado cerrado frente al mercado abierto para cada uno de los siete escenarios realizados.

Tabla 22: Probabilidad de no suministrar energía para la demanda máxima en 2050 (mercado cerrado frente a mercado abierto)

Escenario de estimación	Probabilidad de no suministrar energía en 2050 – Mercado cerrado	Probabilidad de no suministrar energía en 2050 – Mercado abierto
SimSEE Inversión moderada en energías renovables	30%	3%
SimSEE Alta Inversión en Renovables	3%	0%
SimSEE Plan Maestro ANDE 2021–2040 con Binacionales y Renovables	40%	10%
Plan Maestro de SimSEE ANDE 2021–2040 con Binacionales	95%	45%
Plan Maestro SimSEE ANDE 2021–2040	100%	50%
SimSEE Zero-Emission Pathway	100%	60%
SimSEE Business as Usual	100%	60%

De este análisis surgen las siguientes conclusiones:

1. El sistema eléctrico de Paraguay, según el nuevo plan maestro, corre el riesgo de enfrentarse a un fallo crítico de suministro hacia 2040 si Paraguay no se integra regionalmente con sus vecinos. Como se discutió en el Capítulo 2, se debería esperar una probabilidad del 100% de despacho de generación insuficiente en una configuración de mercado cerrado para el año 2047 en el nivel de demanda máxima.
2. Con la disponibilidad de enlaces de transmisión transfronterizos (configuración de mercado abierto), la probabilidad de un despacho de generación insuficiente para el nivel de demanda máxima se reduce al 60%, de media, en 2050.
3. Si esta integración regional no se produce, Paraguay se verá limitado a invertir más en generación, ya sea en las políticamente sensibles presas hidroeléctricas binacionales, en la energía eólica y solar y en el almacenamiento en baterías, o en una mezcla de ambas.
4. Con el costo y las capacidades actuales de las baterías, la combinación de la inversión en presas hidroeléctricas binacionales y otras fuentes de energía renovable es la solución más rentable en comparación con una inversión masiva en energía eólica y solar surtida con el almacenamiento en baterías (véase Tabla 23), una conclusión que también se alcanza en la Sección 3.2.
5. Si Paraguay quiere volver a ser un exportador neto, tendrá que integrarse regionalmente e invertir masivamente en nueva generación en energía solar y baterías.
6. La aplicación de las medidas de gestión de la oferta y la demanda descritas en el apartado 3.2 reducirá el impacto de las opciones anteriores en la calidad del suministro eléctrico, ya que los picos de carga se reducirán considerablemente.

En términos de costo, Tabla 23 resume los costos de cada uso de la energía solar fotovoltaica, la eólica, el almacenamiento en baterías, la energía hidroeléctrica binacional (BHP) y la pequeña energía hidroeléctrica (SHP) para cada escenario en millones de USD, basándose en el costo de instalación unitario de cada fuente de generación de energía proporcionado por el Plan Maestro de la ANDE para 2021–2040. El Plan Maestro de la ANDE no prevé una disminución del costo a lo largo del periodo,

mientras que la Agencia Internacional de Energías Renovables (IRENA) prevé una disminución del costo de entre el 30 y el 50% para 2050 en el caso de la energía solar y la eólica¹⁷⁴. Por tanto, las previsiones pueden parecer infladas.

Tabla 23: Inversiones por escenario

Escenario	Tecnología	Inversiones acumuladas en años clave – MMUSD		
		2030	2040	2050
SC03	Baterías	429	1,374	1,374
	Solar	344	1,099	1,099
	SHP	380	1,078	1,078
	Total	1,153	3,551	3,551
SC04a	Baterías	429	429	429
	Solar	344	344	344
	SHP	294	1,078	1,078
	BHP	495	9,150	9,150
	Total	1,562	11,001	11,001
SC04b	Baterías	429	429	5,425
	Solar	344	344	12,404
	SHP	294	1,078	1,078
	BHP	495	9,150	9,150
	Total	1,562	11,001	28,057
SC05a	Baterías	-	15,360	38,400
	Solar	180	7,380	27,600
	Viento	-	688	8,000
	Total	180	23,428	74,000
SC05b	Baterías	-	2,880	10,880
	Solar	-	4,050	21,000
	Total	-	6,930	31,880

Fuente: Preparado por los autores.

3.4 Estudio de caso para la región del Cono Sur: Marco de interconexión regional SIEPAC

La región del Cono Sur, que incluye a los países de Argentina, Brasil, Chile, Paraguay y Uruguay, está trabajando para desarrollar una iniciativa de integración eléctrica regional similar al SIEPAC, el marco de interconexión regional de Centroamérica¹⁷⁵. SIESUR, es una iniciativa en parte encabezada por el

¹⁷⁴ IRENA, *Future of Solar Photovoltaic: Deployment, Investment, Technology, Grid Integration and Socio-Economic Aspects* (Abu Dhabi: IRENA, 2019), https://irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2019/Nov/IRENA_Future_of_Solar_PV_2019.pdf; IRENA, *Electricity Storage And Renewables: Costs and Markets to 2030* (Abu Dhabi: IRENA, 2017), https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2017/Oct/IRENA_Electricity_Storage_Costs_2017.pdf; IRENA, *Geothermal Power: Technology Brief* (Abu Dhabi: IRENA, 2017), https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2017/Aug/IRENA_Geothermal_Power_2017.pdf.

¹⁷⁵ Conferencia Conversación de Ministros de Hacienda de Sudamérica: Hacia la Descarbonización de las Economías Sudamericanas, 23 de junio de 2021.

BID como forma de cohesionar los recursos energéticos en una capacidad compartida en el sur de Sudamérica. Otros socios regionales son la Organización Latinoamericana de Energía (OLADE), la Comisión de Integración Energética Regional (CIER) y la CAF¹⁷⁶.

Con estos actores clave de acuerdo, el BID ha trabajado para acoger una serie de diálogos entre diversas entidades energéticas y eléctricas de cada uno de los países miembros del Cono Sur. La quinta mesa de diálogo, que tuvo lugar el 17 de junio de 2020, exploró específicamente los mecanismos que podrían utilizarse para intensificar las transacciones eléctricas entre los países del SIESUR utilizando la infraestructura disponible. Utilizando las investigaciones preliminares de la OLADE y el CIER, los países discutieron los avances tecnológicos hasta el presente y los próximos pasos en la integración regional¹⁷⁷.

Aunque estos pasos de las reuniones regionales son un gran comienzo, la integración de estas conversaciones y objetivos en una entidad interregional tangible encargada de la integración regional en una capacidad similar a la del SIEPAC es el objetivo final. Por ello, a continuación, se describe el caso de estudio del SIEPAC.

3.4.1 Antecedentes

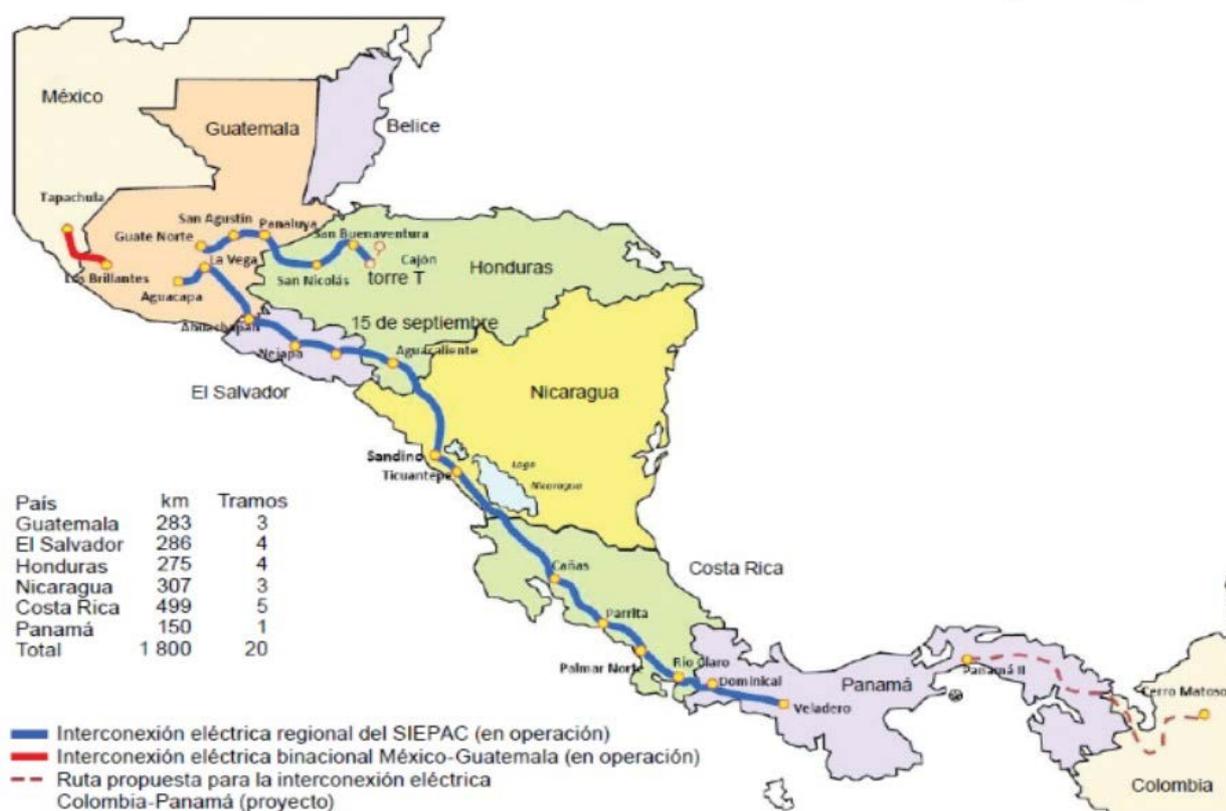
En un esfuerzo por proporcionar un mayor acceso regional a la electricidad, las seis naciones de Centroamérica (Guatemala, El Salvador, Honduras, Nicaragua, Costa Rica y Panamá) acordaron en 1996 un tratado internacional para la interconexión de la red eléctrica nacional de cada país. Este tratado, el Marco del Tratado del Mercado Eléctrico Centroamericano, creó un séptimo mercado regional además de los seis mercados de las naciones firmantes y estableció una empresa para construir y operar la línea de infraestructura de transmisión, SIEPAC, para este nuevo mercado. Figura 31 identifica la ubicación actual del SIEPAC, la línea de transmisión propiamente dicha, dentro de Centroamérica¹⁷⁸.

¹⁷⁶ Ariel Yopez, Roberto Aiello, Natacha Marzolf, Jesús Ricardez, Arturo Alarcón, Edwin Malagón y Cecilia Correa, “La integración eléctrica suramericana y sus oportunidades”, BID, 6 de diciembre de 2019, <https://blogs.iadb.org/energia/es/la-integracion-electrica-suramericana-y-sus-oportunidades/>.

¹⁷⁷ “V Mesa de Diálogo del Sistema de Integración Energética del Sur (SIESUR)”, Comisión de Integración Energética Regional (CIER), <https://www.cier.org/es-uy/Paginas/reunion-siesur.aspx>.

¹⁷⁸ Luis Chang, “Central America Regional Electricity Market” (presentado en First Pan-Arab Energy Trade Conference, Cairo: Gobierno de la República de Guatemala: VMME and CDMER, 6 al 7 de noviembre, 2019), <http://pubdocs.worldbank.org/en/441801573648542947/MENA-PAN-ARAB-CONF-PRES-Chang.pdf>.

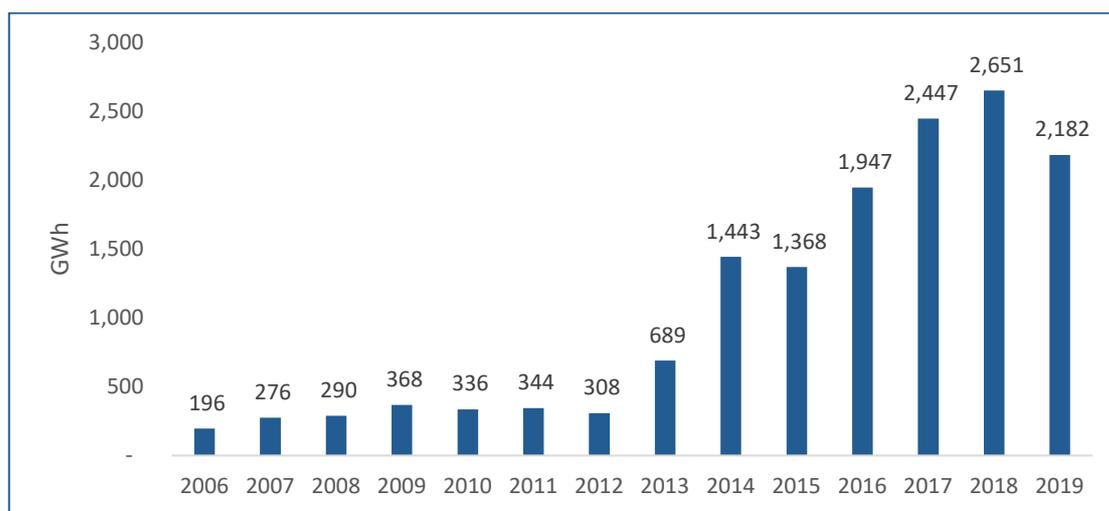
Figura 32: Ubicación del SIEPAC



Fuente: BNamericas¹⁷⁹.

Como resultado del ajuste de la regla regional en 2013, la cantidad anual de energía que se ha transferido en el SIEPAC ha crecido en un promedio del 15% anual. En 2019, se han negociado casi 2.200 GWh de energía en el SIEPAC (véase Figura 32).

Figura 33: Transacciones anuales de energía en el SIEPAC



Fuente: Elaboración propia a partir del CDMER¹⁸⁰.

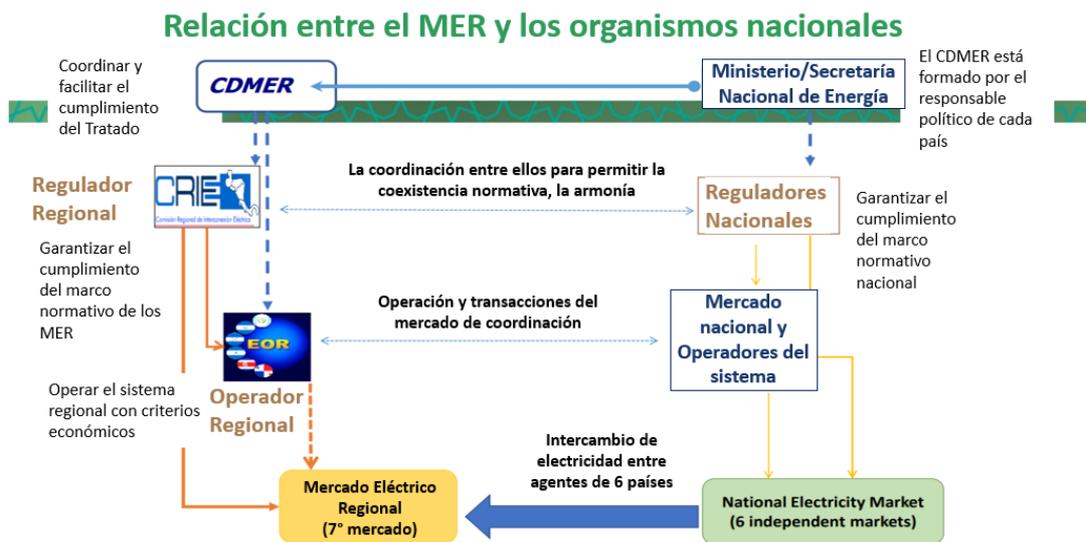
¹⁷⁹ “Snapshot: Central America Power Exchange”, *Bnamericas*, 5 de julio de 2019, <https://www.bnamericas.com/en/news/snapshot-central-america-power-exchange>.

¹⁸⁰ Chang, “Mercado Regional de Electricidad de América Central”.

3.4.2 Marco

El Mercado Eléctrico Regional (MER) que regula las compras y ventas de energía dentro del SIEPAC fue dispuesto para crecer gradualmente junto con la validación y acuerdos de las seis naciones firmantes del tratado. El MER es en sí mismo un mercado regional, regido por tres organismos regionales: 1) el consejero director del MER, CDMER, coordina y facilita el cumplimiento del tratado entre las naciones 2) la Comisión Regional de Interconexión Eléctrica, CRIE, asegura el cumplimiento del marco regulatorio del MER y 3) el Ente Operador Regional, EOR, opera el sistema regional con criterios económicos. La Figura 33 detalla la estructura organizativa del MER¹⁸¹.

Figura 34: Estructura organizativa del MER (en amarillo)



Fuente: CDMER¹⁸².

El MER regula las transacciones del SIEPAC y define las 6 zonas de control del mercado nacional que se rigen por sus propias normas y reglamentos y sus mayoristas del mercado de la electricidad que son de dos tipos: Operadores del Sistema y Operadores del Mercado. Estos operadores son los que se coordinan con el MER para concretar los intercambios entre las redes nacionales y el MER trabajando con los agentes autorizados del mercado (actualmente hay 253 en la región). De este modo, ningún país renuncia a su "singularidad de mercado" ni a la soberanía del mercado eléctrico de todos los países miembros¹⁸³.

Las transacciones de energía en el MER son flexibles para mantener los mercados con un horizonte a corto plazo. Los países pueden optar por vender energía en el mercado de contratos o en el de oportunidades. El mercado de contratos son términos preacordados mientras que el mercado de oportunidad es para la venta abierta de energía esencialmente. En la jerarquía de prioridades dentro del MER, los acuerdos del mercado de contratos que están firmados y son "hechos" tienen prioridad para

¹⁸¹ Andrés Romero Celedón, *Experiencias de Comercio Internacional de Energía Eléctrica en la Región: Exportación - Importación - Comercialización* (Montevideo: Comisión de Integración Energética Regional, 2020), https://www.ceca-cier.org/wp-content/uploads/2020/10/Informe-Final-Experiencias-Comercio-Intenacional_2020.pdf.

¹⁸² Chang, "Mercado Regional de Electricidad de América Central".

¹⁸³ Chang, "Mercado Regional de Electricidad de América Central".

la venta y el consumo sobre los contratos que aún no están firmados. Además, los contratos no firmados tienen prioridad sobre los acuerdos del mercado de oportunidad¹⁸⁴. Aproximadamente el 34% de las transacciones tienen lugar en el mercado de oportunidad, mientras que el 66% restante tiene lugar en el mercado de contratos¹⁸⁵.

3.4.3 Ejemplos de países

No todos los países interactúan con el MER en el mismo grado. De hecho, hay una variación sustancial tanto en lo que respecta a los países que inyectan energía en el MER como a los que la extraen. Destacan dos países en particular: El Salvador y Guatemala.

El Salvador

El Salvador opera como importador neto de energía del SIEPAC y del MER mediante una regulación flexible y un mercado interno libre. Todos los agentes de El Salvador pueden comprar y vender energía a nivel nacional o regional para satisfacer las demandas de los usuarios finales. En el mercado mayorista de El Salvador existe un Mercado de Contratos en el que se establecen libremente acuerdos entre los participantes del mercado y un Regulador del Mercado del Sistema (MRS). El MRS es el organismo operativo que resuelve diariamente las discrepancias entre las ventas de energía comprometidas y las ventas reales de energía dentro del mercado de El Salvador. Estas interacciones son únicas en el país, ya que ha establecido su propia política nacional para reflejar la oportunidad abierta de tener transacciones flexibles con el MER¹⁸⁶.

Guatemala

Guatemala opera como exportador neto de energía al SIEPAC y al MER a través de la consideración de la venta y compra de bloques de energía de al menos 2 MW. Estos bloques deben estar asociados a una demanda u oferta firme/agente eficiente para ser considerados por la regulación nacional de Guatemala. Los mismos límites se aplican a los importadores y exportadores, y la regulación específica distingue entre la comercialización de la demanda y la oferta. La comercialización de la demanda es vista como la actividad en la que el comerciante asume toda la responsabilidad comercial de un usuario, mientras que la comercialización de la oferta es vista como la actividad en la que el comerciante asume las responsabilidades comerciales de un productor participante dentro de Guatemala. Para realizar una transacción de exportación en el corto plazo (menos de un año), el exportador debe confirmar que tiene un contrato garantizado con una empresa de suministro que no esté comprometido por otro contrato que cubra una demanda firme o una reserva potencial de energía. En otras palabras, Guatemala regula la competencia interna entre los mercados de oferta y demanda para garantizar que haya suficiente oferta de energía para la exportación al MER¹⁸⁷.

3.4.4 Lecciones aprendidas

Veinticuatro años de servicio como Mercado Eléctrico Regional han convertido al SIEPAC en una fuente de información sobre los éxitos de un mercado eléctrico integrado regionalmente. Para que un

¹⁸⁴ Romero Celedón, Experiencias de Comercio Internacional de Energía Eléctrica en la Región.

¹⁸⁵ Chang, “Mercado Regional de Electricidad de América Central”.

¹⁸⁶ Romero Celedón, Experiencias de Comercio Internacional de Energía Eléctrica en la Región.

¹⁸⁷ Romero Celedón, Experiencias de Comercio Internacional de Energía Eléctrica en la Región.

mercado regional tenga éxito, debe estar muy bien regulado de acuerdo con los mercados eléctricos nacionales. Para ello, el organismo regulador regional (CRIE) debe trabajar en constante coordinación con las entidades reguladoras nacionales de cada país para garantizar que las normas relativas al MER sean coherentes con las directrices nacionales. Además, el regulador regional debe respetar el modelo de mercado de cada país sin intentar suplantar la jurisdicción.

Para que el MER tuviera éxito, tenía que dar autonomía a los estados nacionales y otorgarles la capacidad de determinar cómo armonizar no sólo con otras naciones sino con la red eléctrica regional en su conjunto. Si se permitía a cada país adaptar sus normas individuales para que los agentes del mercado realizaran transacciones en el mercado regional, podría protegerse contra las pérdidas internas y cubrir la escasez y el exceso de demanda y oferta. Estas reglas para cubrirse contra la falta de energía dentro de cada uno de los seis países son necesarias para garantizar una sólida interfaz regional entre cada nación y dentro de la red regional.

3.4.5 Pasos adelante

Aunque el proyecto SIEPAC ha tenido éxito y los parámetros de este éxito son cuantificables, quedan varios retos para seguir desarrollando el sistema en los próximos años. En la actualidad, los países del tratado están redactando una tercera enmienda al protocolo, una adición al sistema actual que tratará de mejorar la infraestructura y la regulación directa del sistema en el futuro¹⁸⁸. El tercer protocolo pretende atacar la debilidad institucional mediante 1) reforzando el papel del CDMER como la rama política del MER, mientras que el CRIE y el EOR son las ramas técnicas del MER sin control sobre la regulación política y 2) creando un comité regional de Apelaciones que ayudará a asesorar las resoluciones y ajustes a las reglas emitidas por el CRIE¹⁸⁹. Además, aún no se ha alcanzado la capacidad máxima diseñada del sistema, de 300 MW. La colaboración entre los organismos regionales nacionales para señalar dónde hay que invertir en líneas de transmisión nacionales ayudará a facilitar el uso del SIEPAC a nivel nacional.

En el futuro, el reto del MER es cómo incorporar eficazmente a las naciones que no participan en el tratado. La creación de directrices para la participación externa en el MER y el SIEPAC requerirá la creación de principios políticos, técnicos y reglamentarios, así como la infraestructura necesaria para crear esas oportunidades¹⁹⁰.

3.5 Recomendaciones para cubrir de forma rentable la demanda de energía

1. Las opciones rentables de almacenamiento de energía comercial, como el almacenamiento en hielo y el hydropeaking, combinadas con el despliegue de medidas de eficiencia, como los programas de RD, así como los electrodomésticos y los códigos de construcción eficientes desde el punto de vista energético (véase el capítulo 4), permitirán a la ANDE retrasar considerablemente el colapso del suministro y ganar tiempo, reduciendo así el desajuste temporal entre el fallo del suministro y el funcionamiento de la nueva generación. También permitirá a la ANDE aprovechar la ventaja de costos del almacenamiento en baterías, cuyo costo se espera que se divida por dos en 10 años. La inversión en la digitalización y la recopilación y el análisis de datos, tal y como se

¹⁸⁸ Chang, “Mercado Regional de Electricidad de América Central”.

¹⁸⁹ Chang, “Mercado Regional de Electricidad de América Central”.

¹⁹⁰ Chang, “Mercado Regional de Electricidad de América Central”.

comenta en el capítulo 2, es clave para garantizar el seguimiento de esta estrategia en el momento oportuno.

2. La creación de un mercado eléctrico regional del que se podría comprar electricidad adicional limitaría la necesidad de nueva capacidad de generación en el país y crearía una alternativa menos costosa para cubrir la brecha de generación/demanda, retrasando la crisis de suministro en varios escenarios entre 8 y 10 años. El gran desarrollo de la energía solar (y en menor medida de la eólica) con batería en Paraguay (más allá de lo previsto en el Plan Maestro 2021–2040) podría ayudar a garantizar la seguridad de suministro nacional y convertir a Paraguay en un exportador de electricidad de nuevo. Moderar su inversión implicará el desarrollo de presas hidroeléctricas binacionales. El papel del almacenamiento de energía, que ya es rentable (como el hydropeaking y el almacenamiento en hielo), es fundamental para catalizar el desarrollo de la energía solar fotovoltaica y eólica en Paraguay. La implementación de programas de respuesta a la demanda y de un programa de eficiencia energética en toda la economía ayudará a optimizar la interacción con el mercado regional¹⁹¹.
3. La integración regional está plagada de retos de economía política y preocupaciones de seguridad energética nacional. Para superar estos retos será necesario que el SIESUR emule las reglas de gobernanza y de mercado del SIEPAC, permitiendo la integración regional y respetando la soberanía del mercado eléctrico de cada país. La inversión colectiva en los corredores e interconectores eléctricos también tendrá que ser realizada por todos los países del Cono Sur.

¹⁹¹ Como se discutió en la Conferencia sobre “Integración Energética Regional”, 23 de junio de 2021 Panel: Iniciativas de Integración Regional de América del Sur (SINEA y SIESUR).

4. Eficiencia energética y sector de la construcción

Paraguay adolece de una falta de programas, estándares y normas de eficiencia aplicables en toda la economía y particularmente en el sector de la construcción. Desde el punto de vista de la descarbonización, el sector de la construcción residencial en Paraguay está mayormente electrificado, excepto por una serie de cocinas que todavía utilizan biomasa y GLP en las zonas urbanas, y principalmente biomasa en las zonas rurales (véase el capítulo 5).

Mientras que la cuestión del consumo de biomasa se aborda en el capítulo 5, este capítulo aborda el problema clave de la eficiencia energética¹⁹² en los edificios de Paraguay, proporcionando una visión general de las actuales políticas de eficiencia en general y en lo que se refiere al sector de la construcción, y sugiriendo recomendaciones para que estas políticas sean más eficaces.

4.1 Situación actual

4.1.1 Eficiencia energética

El Comité Nacional de Eficiencia Energética (CNEE) fue creado en 2011 bajo el liderazgo del VMME e integrado por representantes de once organizaciones, entre ellas la ANDE, el Ministerio de Industria y Comercio (MIC), la Universidad Nacional de Asunción (UNA), el Consejo de Ciencia y Tecnología (CONACYT), Petróleos Paraguayos (PETROPAR), el Ministerio de Educación (MEC), Itaipú y Yacyretá, entre otras. Como primer paso para la regulación de las medidas de eficiencia energética, la CNEE promulgó el Plan Nacional de Eficiencia Energética (PNEE), publicado en 2014, que establece los lineamientos para la implementación de “*medidas inmediatas y estratégicas de eficiencia energética*” en los sectores de la industria, el transporte, la construcción y la agricultura¹⁹³. Los beneficios sugeridos en el plan incluyen la reducción de los costos operativos de las empresas, la disminución de la contaminación ambiental y el aumento de la competitividad en el sector comercial¹⁹⁴.

Además, el Instituto Nacional de Tecnología y Normalización (INTN) es el responsable de la elaboración de normas técnicas en Paraguay. El INTN opera a través de Comités Técnicos de Normalización (CTN), que se crean para desarrollar normas nacionales. El CTN 51 fue creado para el desarrollo de normas técnicas sobre eficiencia energética y específicamente para etiquetar equipos y electrodomésticos –incluyendo aires acondicionados, bombillas y ventiladores– con calificaciones de eficiencia

¹⁹² La eficiencia energética consiste en eliminar el despilfarro de energía para utilizar menos energía para realizar la misma tarea; así, la eficiencia energética ayuda a reducir la demanda de energía, disminuye el costo y reduce las emisiones de gases de efecto invernadero de una forma que se considera más barata que el cambio de la matriz energética. “Eficiencia energética”, Instituto de Estudios Ambientales y Energéticos, <https://www.eesi.org/to-pics/energy-efficiency/description#:~:text=Energy%20efficiency%20simply%20means%20using.household%20and%20economy%2Dwide%20level>.

¹⁹³ Fabiana Silvero, Maria Fernanda Silva Rodrigues y Sergio Montelpare, “Energy Efficiency Policies to Face Buildings’ Climate”, *Applied Sciences* 10, no. 11 (junio de 2020): https://www.researchgate.net/publication/342041297_Energy_Efficiency_Policies_to_Face_Buildings'_Climate_Change_Effects_in_Paraguay.

¹⁹⁴ CNEE, *Plan Nacional de Eficiencia Energética de la República de Paraguay* (Asunción: CNEE, 2014), <https://www.ssme.gov.py/vmme/pdf/eficiencia/PNEE-CNEE%20-%20FINAL.pdf>.

energética. El objetivo de estas etiquetas es proporcionar una divulgación educativa tanto a los fabricantes como a los consumidores sobre las calificaciones de eficiencia energética de los productos disponibles públicamente¹⁹⁵.

A pesar de estos mecanismos institucionales existentes para promover la eficiencia energética, la autorreflexión de la CNEE determinó una serie de obstáculos para el desarrollo de la eficiencia energética. Entre estos retos a los que se enfrenta la CNEE están la falta de voluntad política o de apoyo a nivel ministerial para implementar un programa de eficiencia energética¹⁹⁶. Otros retos son los limitados recursos financieros de las instituciones públicas, el fácil acceso a tecnologías ineficientes desde el punto de vista energético que pueden encontrarse a precios más bajos, el bajo nivel de concienciación de los consumidores sobre las opciones de eficiencia energética en el mercado, y la falta de interés tanto en el sector público como en el privado para invertir y considerar la eficiencia energética en su conjunto. Para superar esto, la CNEE destacó las acciones clave que el gobierno debe llevar a cabo para abordar estas debilidades. Estas acciones incluyen la promoción de planes de financiación de proyectos de eficiencia energética, la formación de profesionales para dar cuenta de la eficiencia, la identificación de organizaciones internacionales para la cooperación en este frente, y la creación de normas de etiquetado energético para los equipos y aparatos de construcción¹⁹⁷.

En 2020, el VMME adoptó la Agenda de Energía Sostenible 2019–2023. Bajo el tema Gobernanza de la Energía, la Agenda hace mención explícita a los objetivos, las acciones propuestas, las metas e incluso las instituciones responsables de dar seguimiento a estos compromisos¹⁹⁸. Entre los objetivos mencionados, la agenda propone las siguientes prioridades: promulgar en el corto plazo una ley que permita el uso racional y eficiente de la energía, nombrando como actores responsables a la CNEE, al Congreso Nacional, al Poder Ejecutivo y al VMME; disponer de fondos estatales dedicados en el corto plazo para la ejecución de proyectos y estudios de eficiencia energética, señalando a la CNEE y al VMME como actores principales; proponer la creación de Comités Internos de Conservación de Energía (CICE) en empresas públicas y privadas, establecidos y operando en el corto plazo. Los actores responsables son la CNEE, las Uniones de Empresas Comerciales e Industriales y el VMME.

4.1.2 Sector de la construcción

Desde el punto de vista del sector de la construcción, otra rama de la CTN –la CTN 55– elabora normas técnicas para la construcción sostenible que se aplican a los edificios nuevos. Entre estas normas se encuentran los cinco reglamentos orientativos siguientes¹⁹⁹:

1. NP 55 001 14 – Sitio y arquitectura sostenible
2. NP 55 002 15 – Recursos materiales
3. NP 55 003 16 – Eficiencia del agua
4. NP 55 004 16 – Calidad ambiental interior
5. NP 55 005 16 – Energía y atmósfera

¹⁹⁵ Silvero, Rodrigues y Montelpare, “Energy Efficiency Policies to Face Buildings' Climate”.

¹⁹⁶ OLADE, entrevista realizada por los autores, octubre de 2020.

¹⁹⁷ CNEE, Plan Nacional de Eficiencia Energética de la República de Paraguay.

¹⁹⁸ VMME, Agenda de Energía Sostenible del Paraguay 2019–2023.

¹⁹⁹ Silvero, Rodrigues y Montelpare, “Energy Efficiency Policies to Face Buildings' Climate”.

Creada en colaboración con el Green Building Council de Paraguay (GBCP) –una organización sin ánimo de lucro relacionada con el World Green Building Council que implementa diseños de edificios con certificación LEED y medidas de sostenibilidad–, esta normativa pretende orientar el consumo sostenible de energía y materiales del sector de la construcción. Hasta la fecha, hay dos edificios certificados en Asunción, y cuatro están en proceso de certificación de acuerdo con la Ordenanza Municipal n° 128/17 sobre la construcción de edificios nuevos con materiales y métodos sostenibles. La ordenanza permite que los edificios eficientes soliciten una exención fiscal en función de la magnitud de las mejoras de eficiencia. Las tasas de exención fiscal varían según el tipo de edificio y el nivel de sostenibilidad alcanzado, como muestra la Tabla 24.

Tabla 24: Ordenanza de la ciudad de Asunción Desgravación Fiscal para las Construcciones

Tipología	Impuesto a la Construcción						Ahorro	
	de Lujo		Considerablemente Sost.		Altamente Sostenible		Monto Gs	Monto US\$
	en %	Monto Gs	en %	Monto Gs	en %	Monto Gs		
Edificios Residenciales	3,5%	525.000.000	1,2%	180.000.000	0,5%	75.000.000	450.000.000	75.000
Viviendas Unifamiliares	3,0%	450.000.000	0,8%	120.000.000	0,3%	45.000.000	405.000.000	67.500
Edificios Comerciales	4,0%	600.000.000	2,5%	375.000.000	2,5%	375.000.000	225.000.000	37.500
Negocios y restaurantes	4,0%	600.000.000	2,0%	300.000.000	1,2%	180.000.000	420.000.000	70.000
Hoteles	4,0%	600.000.000	1,5%	225.000.000	1,2%	180.000.000	420.000.000	70.000

Fuente: Consejo de Construcción Verde de Paraguay²⁰⁰.

El primer proyecto aprobado por la Municipalidad de Asunción como conforme a la ordenanza es el del “Edificio Aquiles”. Mientras que las mejoras de eficiencia costaron el 5,3% del costo original del edificio, el Aquiles ha conseguido un ahorro energético del 44%, y se espera obtener un retorno total de la inversión inicial del edificio entre 6 y 7 años después de la finalización de la construcción. El edificio se ahorró el 86% de los impuestos previstos como resultado de la ordenanza²⁰¹.

Cuanto más pequeño es el edificio, más tiempo se tarda en obtener la rentabilidad total. El proceso de aprobación de los edificios sostenibles también es más largo que el de los edificios normales, lo que podría desanimar a algunos constructores²⁰².

Además, la aprobación municipal para la construcción de edificios se concede a menudo sin los planos arquitectónicos y de ingeniería terminados. Como los costos totales y las ganancias de eficiencia energética no se conocen del todo en el momento de la aprobación, los impuestos o las exenciones fiscales se fijan según un caso de referencia, pero no según la estructura real de costos y el rendimiento de la eficiencia, lo que supone un incentivo erróneo para los constructores²⁰³.

La GBCP tiene previsto ampliar las iniciativas de eficiencia en la construcción más allá del municipio de Asunción. En particular, contempla trabajar con la ANDE para utilizar las tarifas como incentivo para fomentar la eficiencia en todos los edificios del país²⁰⁴.

²⁰⁰ Consejo de Construcción Verde de Paraguay, “Incentivo No. 1: Impuesto a la Construcción” (Asunción: GBCP, 2020), Entrevista de los autores, febrero de 2021.

²⁰¹ Consejo de Construcción Verde de Paraguay, Entrevista de los autores, febrero de 2021.

²⁰² Consejo de Construcción Verde de Paraguay, Entrevista de los autores, febrero de 2021.

²⁰³ Consejo de Construcción Verde de Paraguay, Entrevista de los autores, febrero de 2021.

²⁰⁴ Consejo de Construcción Verde de Paraguay, Entrevista de los autores, febrero de 2021.

Además de las normas CTN, existe una sección para la eficiencia de los edificios dentro del PNEE publicado por la CNEE. Los objetivos y metas clave se mencionan en la Tabla 25. Las recomendaciones para el sector de la construcción en el PNEE son estándar para los edificios del sector comercial, residencial y de servicios públicos sin distinción.

Tabla 25: Acciones del sector de la construcción en el PNEE

Objetivos generales	Acciones específicas
Mejorar la calidad de la envoltura térmica de los edificios existentes.	Mejorar el rendimiento térmico, la iluminación, la ventilación y la estanqueidad de los edificios y sustituir los aparatos ineficientes.
Promover la gestión de la EE de los edificios.	Gestionar los instrumentos legales para la EE de los edificios y la certificación energética. Promover la formación de los profesionales.
Promover el diseño de edificios con estándares de EE.	Promover la construcción de nuevos edificios y la rehabilitación de los existentes con alta calificación energética.
Promover el suministro de materiales y servicios de construcción eficientes	Aumentar la oferta de materiales y servicios con criterios de EE para reducir el consumo energético del edificio en su ciclo de vida
Promover la EE en el uso de los recursos del edificio	Promover el uso eficiente del agua y la utilización de energía fotovoltaica para el calentamiento del agua

Fuente: Adaptado de MDPI²⁰⁵.

En general, los avances en materia de eficiencia de los edificios son lentos: las orientaciones políticas a nivel nacional son poco claras y las medidas de construcción sostenible son voluntarias y no obligatorias.

4.2 Soluciones institucionales para la mejora de la eficiencia crítica

En esta sección se exponen las recomendaciones sobre los medios institucionales y físicos para crear mejoras de eficiencia energética en Paraguay. Estas mejoras están pensadas para aplicarse a todos los sectores, por lo que incluyen, pero no se limitan, al sector de la construcción.

Creación de una Oficina de Eficiencia Energética. Los estudios de modelización energética realizados con el programa informático LEAP han mostrado importantes reducciones de las emisiones de gases de efecto invernadero y ahorros de energía gracias a la mejora de la eficiencia energética con cambios en las bombillas, la refrigeración, etc. en el sector residencial urbano y en las cocinas del sector rural²⁰⁶. Dado que la limitada supervisión técnica de la ANDE consiste principalmente en dar servicio a la red eléctrica existente, no es factible llevar a cabo estos descubrimientos y políticas en torno a la aplicación del ahorro energético a nivel de los usuarios finales de la energía. La creación de una oficina dedicada a la eficiencia energética en el seno del Ministerio de Energía permitiría superar estos problemas institucionales. Esta oficina se encargaría de desarrollar una estrategia de eficiencia energética

²⁰⁵ Silvero, Rodrigues y Montelpare, “Energy Efficiency Policies to Face Buildings’ Climate”.

²⁰⁶ Letizia Miranda, Nathalia Calcena, Estela Riveros, Diana Valdez, Félix Fernández y Gerardo Blanco, Estimación del Potencial de Ahorro en el Consumo de Electricidad del sector Residencial del Paraguay: Implementando Medidas de Eficiencia Energética (Asunción: Universidad Nacional de Asunción, 2016), compartido por los actores locales.

en todos los sectores de la economía. El Cuadro 8 ilustra el ámbito de trabajo de la Oficina de Eficiencia Energética en la India.

Esta oficina debería trabajar con la Dirección de Planificación de la ANDE e interactuar con el Despacho de Carga, de manera de cuantificar el valor de la reducción del potencial eléctrico en las horas de carga máxima. El escenario ideal sería la aplicación de la eficiencia energética para permitir que la reducción del potencial eléctrico alcance al menos el 30% de la carga máxima horaria. La búsqueda de la gestión y la supervisión del lado de la demanda para mejorar el factor de carga del sistema eléctrico es crucial, ya que el factor hasta la fecha se sitúa en el 56%, tal y como se ha comentado en los capítulos 2 y 3.

Cuadro 8: Oficina de Eficiencia Energética de la India

Creada en 2002 en virtud de una disposición de la Ley de Conservación de la Energía de 2001, la Oficina de Eficiencia Energética (BEE) de la India desarrolla estrategias para reducir la intensidad energética de la economía india. Como principal entidad gubernamental dedicada a la eficiencia energética, la BEE trabaja para proporcionar orientación política a las autoridades nacionales de conservación de la energía, establecer sistemas de supervisión y verificación de la energía y aprovechar el apoyo multilateral, bilateral y privado para los proyectos de mejora de la eficiencia energética. También es responsable de desarrollar instrumentos fiscales para la ejecución de proyectos de eficiencia energética, para lo cual tiene un alto grado de autonomía. Además, la BEE es responsable de las normas de eficiencia energética en los edificios comerciales y residenciales, de proporcionar etiquetas para las certificaciones de eficiencia, y de las normas de eficiencia de combustible de los vehículos en el sector del transporte. Tiene un alto nivel de autonomía a la hora de desarrollar las normas de eficiencia energética y la financiación de proyectos. Para ello, a menudo se requiere la aprobación de BEE antes de que un proyecto pueda comenzar a verificar la conformidad con las normas de eficiencia energética a nivel nacional.

Fuente: Oficina de Eficiencia Energética de la India²⁰⁷.

Además, el uso de la métrica de los Indicadores de Regulación para la Energía Sostenible (RISE) desarrollada por el Banco Mundial es una valiosa lista de control para evaluar el progreso del país con respecto a la eficiencia energética²⁰⁸. El uso de RISE como referencia cruzada para las áreas de mejora permitiría al futuro Ministerio de Energía y a la ANDE identificar las formas ideales en las que la Oficina de Eficiencia Energética puede mejorar la eficiencia energética en todo el país. La métrica RISE incorpora una serie de indicadores puntuados en los ámbitos del acceso a la electricidad, las energías renovables y la eficiencia energética. En cada uno de estos sectores se obtiene una puntuación media basada en una serie de indicadores específicos de cada sector con una puntuación total sobre 100 (siendo 100 la mejor puntuación). En el caso de Paraguay, no se dispone de información sobre el acceso a la electricidad y la cocina limpia mediante la métrica RISE. Los sectores restantes, energía renovable y eficiencia energética, reciben una puntuación basada en siete y once indicadores, respectivamente. La Tabla 26 es una instantánea de la puntuación de Paraguay en 2019. De 2017 a 2019, Paraguay bajó de una puntuación media de RISE de 55 a una puntuación media de 51.

²⁰⁷ Adaptado de “Flagship Programmes”, Oficina de Eficiencia Energética, <https://beeindia.gov.in>.

²⁰⁸ “Perfil de Indicadores Regulatorios de Energía Sostenible (RISE) de Paraguay”, Indicadores Regulatorios de Energía Sostenible (RISE), Grupo del Banco Mundial, <https://rise.worldbank.org/country/paraguay>.

Tabla 26: Puntuación RISE de Paraguay: Global, 2019

Grupo de puntuación	Puntuación
Media mundial	61
Regional One Up	52
Paraguay	51
Regional One Down	42
Media regional (LatAm)	62

Fuente: Banco Mundial²⁰⁹.

Tabla 27: Puntuación RISE de Paraguay para la energía renovable y la eficiencia energética, 2019

Energía renovable	Puntuación
Fijación de precios del carbono y control	0
Riesgo de contrapartida	29
Conexión a la red y precios	29
Atributos de los incentivos financieros	25
Incentivos y apoyo normativo a las energías renovables	35
Planificación de la expansión de las energías renovables	46
Marco jurídico de las energías renovables	40
Promedio Total	29
Eficiencia energética	Puntuación
Fijación de precios del carbono y control	0
Sector del transporte	33
Códigos energéticos de los edificios	0
Sistemas de etiquetado energético	29
Normas mínimas de rendimiento energético	32
Mecanismos de financiación de la eficiencia energética	0
Incentivos y mandatos: Servicios públicos	30
Incentivos y mandatos: Sector público	13
Incentivos y mandatos: Industrial y comercial	0
Entidades de Eficiencia Energética	58
Planificación nacional de la eficiencia energética	67
Promedio Total	24

Fuente: Banco Mundial²¹⁰.

La creación de una Oficina de Eficiencia Energética alineada con las recomendaciones de las métricas RISE podría allanar el camino para mejorar drásticamente la eficiencia energética.

Además, un programa nacional de eficiencia energética podría dar un papel central a la ANDE, incentivarla para que trabaje de forma más proactiva con los usuarios finales de la electricidad y aportar fuentes adicionales de ingresos a la ANDE. Véase en Cuadro 9 un ejemplo de una compañía eléctrica que participa en un proceso de eficiencia energética. En el capítulo 3 se analiza igualmente cómo la

²⁰⁹ “Perfil de Indicadores Regulatorios de Energía Sostenible (RISE) de Paraguay”, RISE.

²¹⁰ “Perfil de Indicadores Regulatorios de Energía Sostenible (RISE) de Paraguay”, RISE.

ANDE puede desplegar el almacenamiento de hielo en los edificios. La compra y el alquiler de electrodomésticos energéticamente eficientes también podría ser una vía (véase el apartado 4.3.4).

Cuadro 9: Instalación de agua termal como servicio de valor añadido en Colombia

En Medellín (Colombia), la Empresa de Servicios Públicos de Medellín y Colombia (EPM) construyó el proyecto Distrito Térmico La Alpujarra, una planta de generación térmica que opera con un sistema de regulación de temperatura por lotes. Este sistema hace circular agua fría desde la estación principal de generación de la planta hasta los edificios integrados a través de tuberías, proporcionando refrigeración por aire a los edificios de los alrededores. Regular térmicamente sus temperaturas internas de esta manera es mucho más eficiente como sistema global en comparación con los edificios que utilizan acondicionadores de aire individuales. Gracias al ahorro que supone el pago de este aire refrigerado por lotes, muchos edificios han visto reducido su consumo de energía entre un 15 y un 20%. Además, se han reducido en un 100% el uso de sustancias agotadoras de ozono (SAO) y en un 30% las emisiones de CO₂ con respecto al escenario habitual.

Este proyecto se inscribe en la estrategia de EPM de “favorecer territorios competitivos y sostenibles basados en procesos de eficiencia energética, reducción de costos de operación, fidelización de clientes y reducción de emisiones que contaminan el medio ambiente”.

Fuente: ACI Medellín²¹¹.

4.3 Soluciones para el sector de la construcción

La consecución de las cero emisiones en el sector de la construcción puede desglosarse en cuatro pasos principales:

1. Reducir el uso de energía mediante la eficiencia energética
2. Electrificar los aparatos existentes
3. Descarbonizar la red eléctrica
4. Utilizar materiales de construcción con bajas emisiones de carbono²¹²

Paraguay ya ha alcanzado el Paso 3 gracias a su generación de energía hidroeléctrica. En cuanto al Paso 2, la mayoría de las necesidades de los hogares urbanos (como la calefacción y el agua caliente) ya están electrificadas en su mayor parte (69,4% del uso de energía en los hogares urbanos), excepto las cocinas restantes que dependen del GLP en los hogares urbanos (18,8% del uso de energía en los hogares urbanos) o de la biomasa en los hogares rurales (29,2% del uso de energía en los hogares rurales), como se demuestra en el Apéndice A.

²¹¹ “Distrito Térmico: Infraestructura verde que cuida el aire que respiramos en Medellín”, *ACI Medellín*, 15 de febrero de 2019, <https://www.acimedellin.org/thermal-district-green-infrastructure-that-cares-for-the-air-we-breathe-in-medellin/?lang=en>.

²¹² Laurie Kerr y Roger Platt, “Capítulo 5.4: Acelerar la descarbonización profunda en el sector de los edificios de Estados Unidos”, en *America’s Zero Carbon Action Plan*, Jeffrey Sachs y ed. Elena Crete et al. (SDSN, 2020), <https://irp-cdn.multiscreensite.com/6f2c9f57/files/uploaded/zero-carbon-action-plan%20%281%29.pdf>.

Como resultado, el sector de la construcción debe trabajar para abordar los pasos 1 y 4 en particular, mientras evoluciona hacia la electrificación de las cocinas restantes que dependen del GLP en los entornos urbanos. Esto requiere nuevos códigos de construcción, nuevas prácticas de adquisición de materiales de construcción y programas de incentivos para aparatos domésticos eficientes.

4.3.1 Código Nacional de Eficiencia de los Edificios

Aunque en Asunción existen exenciones fiscales y oportunidades para que los edificios se construyan con componentes energéticamente eficientes, muy pocos constructores saben que existen esos incentivos económicos; más allá del municipio de Asunción, no hay mucho interés ni progreso en la eficiencia de los edificios²¹³.

Para lograr mejoras a nivel nacional en la eficiencia de los edificios, el gobierno nacional podría considerar la posibilidad de coordinar las medidas de eficiencia a través de la ANDE para la energía o a través de los municipios locales mediante exenciones fiscales. Sin embargo, una vía más eficaz sería promulgar y hacer cumplir de forma coherente un código nacional de eficiencia en la construcción que todos los edificios del país deban cumplir en un plazo determinado. El gobierno nacional debería considerar la posibilidad de liderar o patrocinar iniciativas para comunicar el ahorro de costos derivado de la eficiencia, desbloquear los incentivos fiscales nacionales y apoyar a los municipios que busquen su cumplimiento con incentivos financieros a nivel nacional.

Según el VMME, se debe poner más énfasis en las regulaciones por municipio a través de la certificación LEED que tendrá en cuenta la eficiencia energética, la arquitectura bioclimática y las energías renovables en la construcción. Es necesario que se lleven a cabo proyectos piloto en las ciudades de Asunción, Encarnación y Ciudad del Este y que se guíen por una estrategia que tenga en cuenta el desarrollo inmobiliario a medio y largo plazo²¹⁴.

4.3.2 Nueva estrategia de construcción

La descarbonización de los nuevos edificios exige tener en cuenta el uso de la energía desde el principio de la vida de un edificio, así como los propios materiales de construcción. La ventaja del diseño de las casas pasivas es el estricto cumplimiento de la regulación térmica en el interior de la estructura al tener en cuenta el calentamiento y la refrigeración naturales durante todo el año. Estos diseños son mucho más eficientes a la hora de reducir la huella reguladora de la temperatura de un edificio y podrían ayudar a mitigar la necesidad de aire acondicionado durante todo el año en Paraguay (véase Cuadro 10).

Cuadro 10: Cinco principios científicos para un edificio pasivo

1. Un edificio pasivo “emplea un aislamiento continuo en toda su envoltura sin ningún puente térmico”.
2. “La envoltura del edificio es extremadamente hermética, lo que impide la infiltración de aire exterior y la pérdida de aire acondicionado”.

²¹³ Consejo de la Construcción Verde de Paraguay, entrevista realizada por los autores, noviembre de 2020.

²¹⁴ VMME, entrevista de los autores, noviembre de 2020.

3. Un edificio pasivo “emplea ventanas de alto rendimiento (ventanas de doble o triple acristalamiento, según el clima y el tipo de edificio) y puertas: la ganancia solar se gestiona para aprovechar la energía del sol para calentar en la temporada de calentamiento y para minimizar el sobrecalentamiento durante la temporada de refrigeración”.
4. Un edificio pasivo “utiliza alguna forma de ventilación equilibrada de recuperación de calor y humedad”.
5. Un edificio pasivo “utiliza un sistema mínimo de acondicionamiento del espacio”.

Fuente: Passive House Alliance²¹⁵.

En el proceso de construcción de nuevos edificios, el uso de hormigón de baja emisión de carbono, así como de materiales de origen local, son eficaces para reducir la huella de carbono incorporada a una estructura²¹⁶. Las técnicas adoptadas por los pueblos indígenas locales, como los guaraníes, los ayoreo, los toba-maskoy y otros, podrían ser una gran fuente de conocimiento para las técnicas de construcción que ahorran energía. Las obras de los arquitectos José Cubilla y Ramiro Meyer, por ejemplo, ofrecen grandes alternativas estilísticas a la estructura tradicional de acero y madera al integrar ladrillos tradicionales de barro y arcilla con hormigón prefabricado²¹⁷.

4.3.3 Estrategia del edificio existente

El subsector de los edificios existentes necesita sustituir, modernizar y mejorar los aparatos y materiales existentes en los edificios y en las fachadas. Los edificios existentes pueden reducir en gran medida tanto el consumo de energía como la huella de carbono mediante la integración de aparatos eléctricos en lugar de aparatos alimentados por combustibles fósiles o biomasa, así como una lista de requisitos para las normas sobre materiales de aislamiento térmico, como ventanas, aislamiento, etc.²¹⁸.

4.3.4 Electrodomésticos de alta eficiencia energética

Como alternativa, o en paralelo a los programas de carga directa y respuesta a la demanda mencionados en los capítulos 2y 3, el gobierno podría desarrollar un programa de incentivos para que los consumidores cambien a electrodomésticos eficientes. Aunque los consumidores no suelen estar dispuestos a comprar electrodomésticos eficientes por su cuenta debido al costo inicial relativamente

²¹⁵ Adaptado de “Passive House Principles”, Passive House Alliance (PHIUS), 2021, <https://www.phius.org/what-is-passive-building/passive-house-principles>.

²¹⁶ Kerr y Platt, “Capítulo 5.4: Acelerar la descarbonización profunda en el sector de los edificios de Estados Unidos”.

²¹⁷ Michael Snyder, “¿La respuesta de Paraguay a la arquitectura modernista? Clay, Mud and Timber”, *New York Times Style Magazine*, actualizado el 22 de febrero de 2020, <https://www.nytimes.com/2020/02/14/t-magazine/paraguay-architecture.html>.

²¹⁸ Kerr y Platt, “Capítulo 5.4: Acelerar la descarbonización profunda en el sector de los edificios de Estados Unidos”.

alto en comparación con los electrodomésticos normales, a la falta de información y a la falta de conocimientos técnicos²¹⁹, hay varios marcos financieros empleados en todo el mundo que mejoran su disposición y su acceso a electrodomésticos más eficientes desde el punto de vista energético. El primer modelo, y sin duda el más utilizado, es la financiación directa con cargo a los presupuestos públicos. Este marco suele tener un horizonte a corto plazo, pero es eficaz para movilizar grandes cantidades de capital²²⁰.

Una variación de este marco consiste en utilizar los ingresos generados por un pequeño impuesto ad valorem aplicado a la electricidad consumida por los contribuyentes. Este método tiene un horizonte a más largo plazo y puede ser útil para cubrir el costo de la implementación del programa. Los ingresos generados por este impuesto se depositan en un fondo general (una reserva de financiación interna dentro de la empresa de servicios públicos), que luego se aplica a los programas de eficiencia energética. Un ejemplo de este marco se encuentra en Allentown, Pennsylvania, con la empresa de electricidad PPL. En el marco del programa de ahorro de energía exigido por el gobierno estadounidense para los clientes de bajos ingresos, el programa WRAP de bajos ingresos, PPL ofrece auditorías energéticas gratuitas, educación energética e incluso la instalación directa de electrodomésticos de alta eficiencia energética. A partir de 2018, PPL logró 26.241 MWh de ahorro mientras gastó 11.403.000 dólares de sus programas para llegar a 25.648 hogares²²¹.

Otro marco financiero se conoce como fondo rotatorio y supone la colaboración de los bancos locales, que serán incentivados por el gobierno para conceder préstamos más favorables a los consumidores que deseen invertir en mejoras de la eficiencia energética. Un buen ejemplo de este esquema es la colaboración del banco de desarrollo alemán Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW) con otras instituciones. Este programa ofrece una generosa financiación en grandes préstamos para mejoras de la eficiencia energética y ha tenido un gran éxito gracias a su penetración en el sector residencial y a la posibilidad de obtener un capital mucho más asequible para las mejoras²²². A su vez, los consumidores de estos préstamos los devuelven en gran parte con el ahorro de energía conseguido gracias a las mejoras energéticas. Como resultado de este método de reembolso, este plan suele ser más adecuado para la sustitución de equipos de mayor tamaño que tendrán un mayor ahorro energético para reembolsar los préstamos²²³.

Otro modelo financiero, conocido como modelo de feebate, es un modelo financiero que aplica un impuesto a los aparatos de alto consumo energético para subvencionar la compra de aparatos eficientes. En Corea del Sur, este modelo de feebate introduce un impuesto de entre el 5 y el 6,5% sobre los aparatos que consumen energía. Los ingresos generados por este impuesto se utilizan para subvencionar la compra de electrodomésticos de alta eficiencia para los hogares de bajos ingresos del

²¹⁹ Stephane de la rue du Can, Greg Leventis, Amol Phadke y Anand Gopal, *Diseño de Programas de Incentivos para Acelerar la Penetración de los Electrodomésticos de bajo Consumo* (Berkeley: International Energy Studies Group, 2014), <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301421514002705>.

²²⁰ De la rue du Can et al., *Diseño de Programas de Incentivos para Acelerar la Penetración de los Electrodomésticos de bajo Consumo*.

²²¹ “Low-Income and Multifamily EE Programs”, America Council for an Energy-Efficient Economy (ACEEE): State and Local Policy Database, ACEEE, 2020, <https://database.aceee.org/city/low-income-multifamily>.

²²² De la rue du Can et al., *Diseño de Programas de Incentivos para Acelerar la Penetración de los Electrodomésticos de bajo Consumo*.

²²³ “Eficiencia energética, protección medioambiental corporativa y energías renovables”, KfW, <https://www.kfw.de/landsfoerderung/Companies/Energy-and-the-environment>.

país²²⁴. Este modelo de financiación tiene el potencial de ser una política neutra desde el punto de vista de los ingresos y a menudo puede funcionar independientemente de los presupuestos gubernamentales. Al mismo tiempo, el éxito de este marco depende de un estrecho seguimiento del equilibrio presupuestario para tener éxito.

Un último marco se inició en la India con el Mecanismo de Desarrollo Limpio Programático (MDL). Con este sistema²²⁵, la empresa estatal recibe ingresos del MDL por cada bombilla CFL que se vende, ya que son un 70% más eficientes energéticamente que las incandescentes²²⁶. A su vez, estos ingresos se trasladan a los consumidores en forma de descuentos en las LFC para que sean competitivas con las bombillas incandescentes. De este modo, una vez que el programa se pone en marcha, las compras de CFL tienen más sentido económico.

En América Latina, varios países han realizado con éxito la transición a aparatos más eficientes en los hogares y las empresas. En Chile, se establecieron programas para sustituir las bombillas incandescentes por LFC, se colocaron etiquetas de eficiencia obligatorias tanto en los electrodomésticos como en los vehículos ligeros, y se añadió la eficiencia energética al plan de estudios nacional. Bolivia sustituyó 19 millones de bombillas por CFL entre 2008 y 2012, con un ahorro estimado de 182 MW de energía durante las horas punta. En Guyana, el gobierno redujo a cero el impuesto sobre el valor añadido (IVA) de todos los electrodomésticos eficientes y la tecnología relacionada con las energías renovables para impulsar una mayor adopción de estas tecnologías²²⁷.

En Paraguay, los estudios demostraron que existe un gran potencial de ahorro con medidas de eficiencia en los electrodomésticos del sector residencial (iluminación, aire acondicionado, refrigeración, transformadores y motores eléctricos). Según un estudio, para 2030, las medidas de eficiencia de estas cinco tecnologías en el sector residencial podrían ahorrar 5.500 GWh, equivalentes a 396 millones de dólares²²⁸. Según otro estudio, en 2040 supondrían 47.333,5 GWh de energía acumulada, lo que equivale a 1.078 millones de dólares de ahorro. La potencia máxima desplazada con las medidas de eficiencia aplicadas es de 703,40 MW en 2040, lo que permite un ahorro de 2.813 millones de dólares²²⁹.

4.4 Recomendaciones

Eficiencia energética

²²⁴ De la rue du Can et al., Diseño de Programas de Incentivos para Acelerar la Penetración de los Electrodomésticos de bajo Consumo.

²²⁵ De la rue du Can et al., Diseño de Programas de Incentivos para Acelerar la Penetración de los Electrodomésticos de bajo Consumo.

²²⁶ “Comparación de las bombillas de bajo consumo energético con las incandescentes tradicionales”, Electricity and Fuel, Departamento de Energía de EE.UU., <https://www.energy.gov/energysaver/save-electricity-and-fuel/lighting-choices-save-you-money/how-energy-efficient-light>.

²²⁷ Pauline Ravillard, Franco Carvajal, David López Soto, J. Enrique Chueca Montuenga, Katherine M. Antonio, Yi Ji y Michelle Hallack, *Towards Greater Energy Efficiency In Latin America And The Caribbean: Progress And Policies* (Banco Interamericano de Desarrollo [BID], 2019), <https://publications.iadb.org/publications/english/document/Towards-Greater-Energy-Efficiency-in-Latin-America-and-the-Caribbean-Progress-and-Policies.pdf>.

²²⁸ “Paraguay Savings Policy Assessment”, United for Energy (U4E), PNUMA, 2019, <https://united4efficiency.org/country-assessments/paraguay>.

²²⁹ Miranda et al., Estimación del Potencial de Ahorro en el Consumo de Electricidad del sector Residencial del Paraguay.

1. Un departamento del futuro Ministerio de Energía dedicado a la eficiencia energética podría ayudar a reducir la intensidad energética de la economía en su conjunto, desarrollando estrategias adecuadas y asegurando la interacción de la ANDE con los usuarios finales de energía, como los sectores de la construcción y la industria, así como el sector del transporte. También aportaría fuentes de ingresos adicionales a la ANDE.
2. Es necesario consolidar y nacionalizar los esfuerzos de la CTN para aplicar normas estrictas de eficiencia de los electrodomésticos. En la actualidad, los comerciantes no oficiales utilizan etiquetas falsas para promocionar aparatos ineficientes en los mercados nacionales²³⁰. Sólo un sistema fuerte y regulado de forma centralizada podrá combatir eficazmente la desinformación en el mercado.

Sector de la construcción

1. La creación de un Código Energético Nacional para los edificios consolidaría a Paraguay con una autoridad central para la mejora de los edificios. El código debería exigir que todos los edificios nuevos incorporen prácticas de aislamiento térmico y que no haya calderas de combustibles fósiles. Además, este código daría cuenta de los códigos de construcción sostenible a nivel nacional para los nuevos edificios, que harían hincapié en el hormigón de baja emisión de carbono y en los materiales de construcción de origen local para disminuir la cantidad de carbono incorporado en el sector de la construcción. Las colaboraciones en materia de eficiencia energética con la ANDE podrían aplicarse junto con el Código Energético Nacional. Los municipios deberían participar en la aplicación de los códigos. Las exenciones fiscales, como las aplicadas en Asunción, podrían ampliarse, pero deberían rediseñarse tras un análisis de costos y beneficios para que sean más eficaces.
2. El Gobierno de Paraguay debería trabajar para establecer una rama del VMME, y eventualmente del futuro Ministerio de Energía, que proporcione mecanismos de financiación en forma de subsidios y financiación directa para la inversión de las adaptaciones y mejoras de los edificios inteligentes. También se necesitan programas de incentivos para que los consumidores cambien a hogares eficientes. Las posibles fuentes de financiación podrían proceder de los impuestos sobre los aparatos y materiales de construcción obsoletos, así como del ahorro en la demanda de energía, que podría ascender a 2.800 millones de dólares en 2040.

5. El sector de la biomasa en Paraguay

Como se mencionó en la introducción, la impresionante generación de electricidad basada casi en un 100% en energías renovables de Paraguay se ve ampliamente eclipsada por una continua dependencia de la biomasa insostenible, con un 41% de la matriz energética total derivada de la biomasa²³¹. Además, el cambio de uso del suelo, provocado por la ganadería y la necesidad de obtener biomasa, causó el 30,72% de las emisiones de GEI del país en 2015²³². La región del Chaco Occidental de Paraguay sigue sufriendo una alarmante deforestación, parte de la cual se destina al consumo de biomasa.

²³⁰ Actores locales, entrevista de los autores, septiembre de 2020.

²³¹ VMME, *Balance Energético Nacional 2019*.

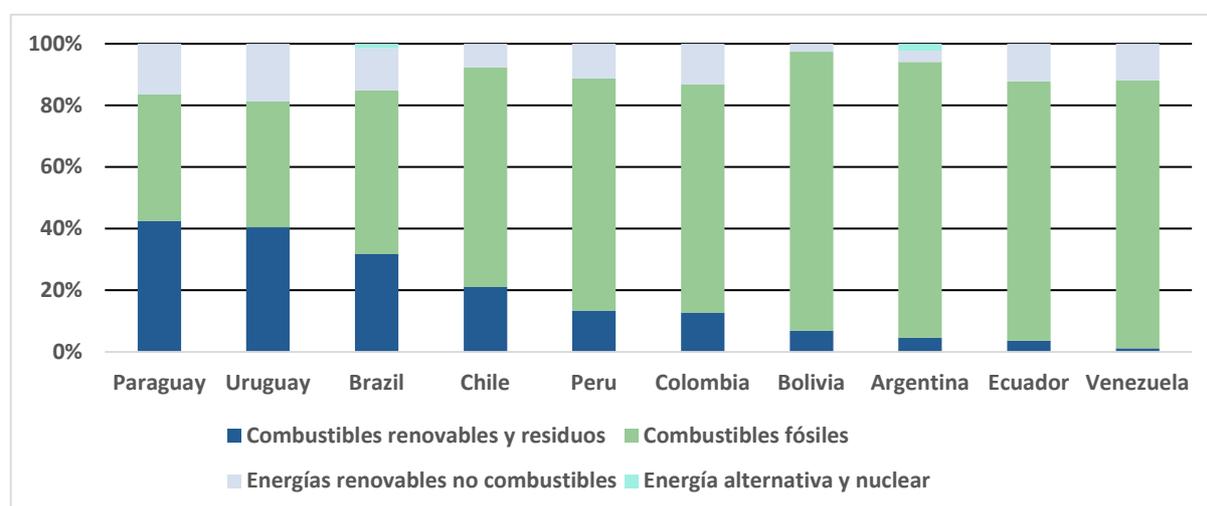
²³² Benítez et al., Segundo Informe Bienal de Actualización sobre Cambio Climático ante La CMNUCC.

Además, a día de hoy el 75% de este consumo de biomasa se considera insostenible y proviene del bosque nativo de Paraguay²³³. En términos energéticos, la demanda satisfecha por el consumo de leña y carbón vegetal no se tiene en cuenta en el Plan Maestro de la ANDE y es más de tres veces mayor que la demanda eléctrica actual²³⁴. Este capítulo investiga este sector en detalle, identifica los principales retos pendientes y ofrece soluciones para ayudar a Paraguay a descarbonizar su mayor sector por contribución a las emisiones de GEI.

5.1 Situación actual

A pesar de ser un exportador neto de energía hidroeléctrica, casi la mitad del consumo energético nacional de Paraguay está compuesto por biomasa. El gráfico 30 muestra que Paraguay tiene el mayor porcentaje de consumo de biomasa “combustibles renovables y residuos” de Sudamérica. La electricidad, que no aparece en el gráfico, se genera a partir de cada tipo de combustible y en Paraguay proviene mayoritariamente de las renovables no combustibles.

Figura 35: Fuentes de consumo de energía en Paraguay y países vecinos en 2018



Fuente: AIE y VMME²³⁵.

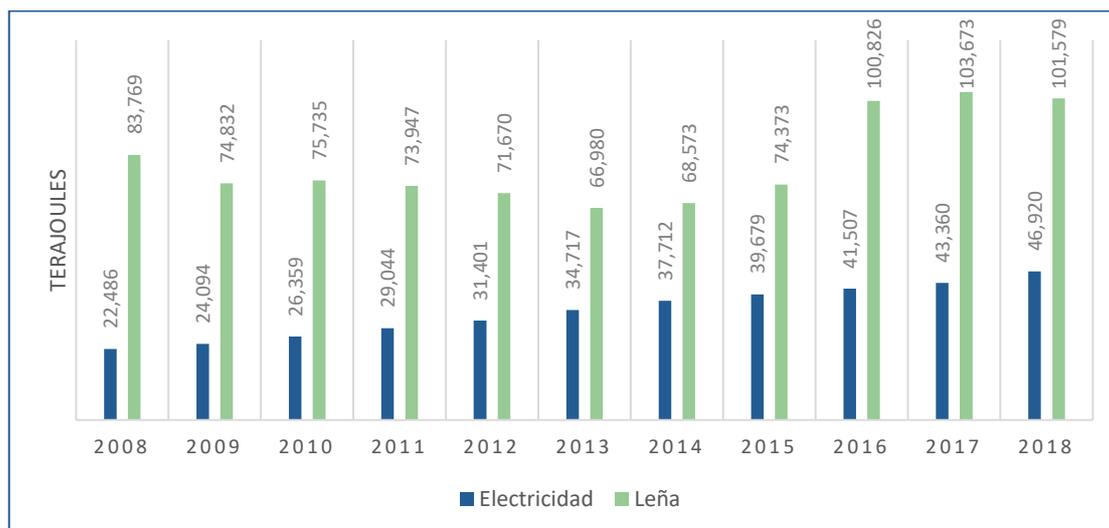
Al comparar sólo el consumo de leña y de electricidad, la gran diferencia energética es aún más evidente. Como demuestra la Figura 35, la energía neta consumida a través de la biomasa en Paraguay es más de dos veces la energía neta consumida en forma de electricidad.

²³³ VMME, “Producción como consumo de biomasa con fines energéticos en Paraguay” (VMME, 2019).

²³⁴ Cálculo realizado por los autores y mencionado más adelante en la sección.

²³⁵ “Datos y estadísticas”, AIE, <https://www.iea.org/data-and-statistics?country=WORLD&fuel=Energy%20supply&indicator=TPESbySource>.

Figura 36: Consumo energético de electricidad y leña en Paraguay en TJ

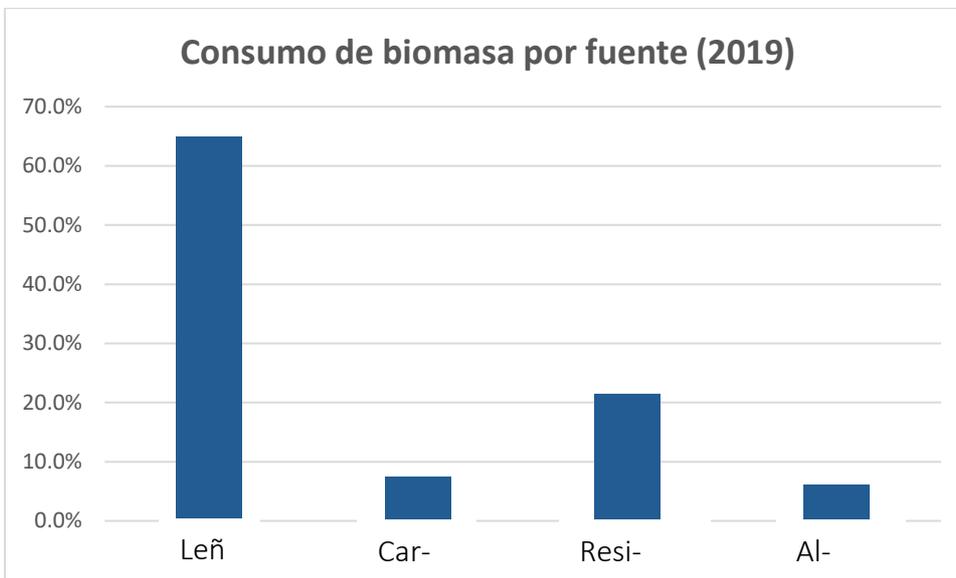
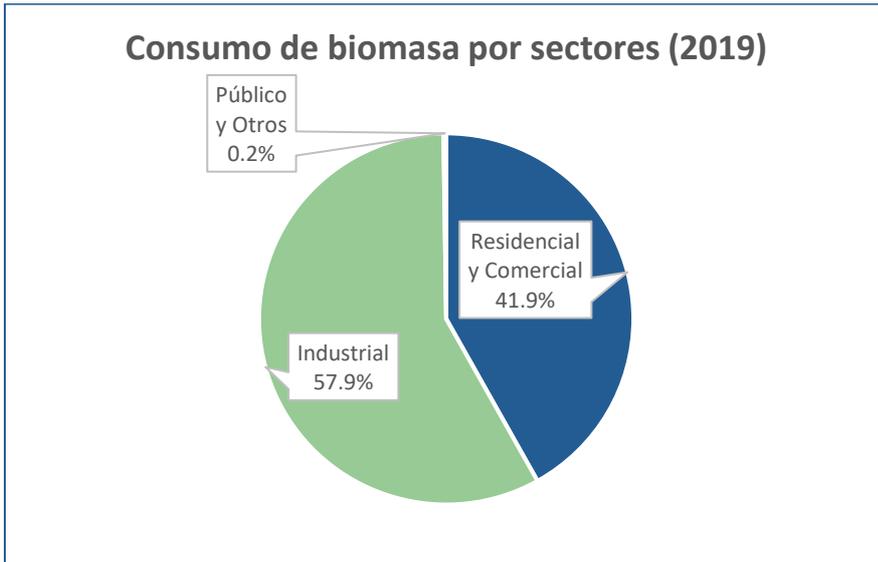


Fuente: CRECE²³⁶.

Los dos gráficos de la Figura 36 dividen el consumo de biomasa en Paraguay por sector económico y fuente. El sector industrial es el mayor consumidor de biomasa. El segundo mayor consumidor de biomasa es el sector residencial, que constituye la mayor parte de la demanda de leña y carbón vegetal para cocinar y calentar.

²³⁶ VMME, ANDE, PETROPAR, MIC, VMT, MADES, PTI, BID, IREC et al., *Hacia la Ruta del Hidrógeno Verde en Paraguay: Propuesta de Innovación* (VMME, 2021), https://www.ssme.gov.py/vmme/pdf/H2/H2%20Propuesta_de_Innovacion_DIGITAL.pdf; VMME, ANDE, PETROPAR, MIC, VMT, MADES, PTI, BID, IREC et al., *Hacia la Ruta del Hidrógeno Verde en Paraguay: Macro Conceptual* (VMME, 2021), https://www.ssme.gov.py/vmme/pdf/H2/H2%20Marco_Conceptual_DIGITAL.pdf

Figura 37: Consumo de biomasa por sectores (2019) y fuentes (2019)



Fuente: VMME²³⁷.

En base a la cifra anterior, las fuentes de biomasa no sostenibles (leña y carbón vegetal) representaron el 72,4% de todo el consumo de biomasa en 2019. El consumo de leña ascendió a 1.790.660 TOE, y el de carbón vegetal a 206.790 TOE²³⁸. Esto se traduce en un equivalente energético combinado de 23.230 GWh al año²³⁹. Si esta cantidad de energía se cubriera con ANDE, casi triplicaría la demanda de electricidad de 2019 (sin tener en cuenta la eficiencia operativa de la electricidad en comparación con la biomasa). Con la tarifa media actual (residencial, comercial e industrial) esto supone una pérdida de oportunidad de 1.300 millones de dólares (sin tener en cuenta la inversión adicional en el sistema eléctrico para llevar la electricidad a estos usuarios), suponiendo que todo el uso de la leña y el carbón vegetal pueda convertirse de forma rentable en uso eléctrico, lo que podría no ser cierto en las zonas más remotas del Chaco o para las industrias intensivas en calor, como la siderúrgica. Mientras que en el nuevo plan maestro la ANDE prevé una mayor electrificación de las industrias electrointensivas de

²³⁷ VMME, *Balance Energético Nacional 2019*.

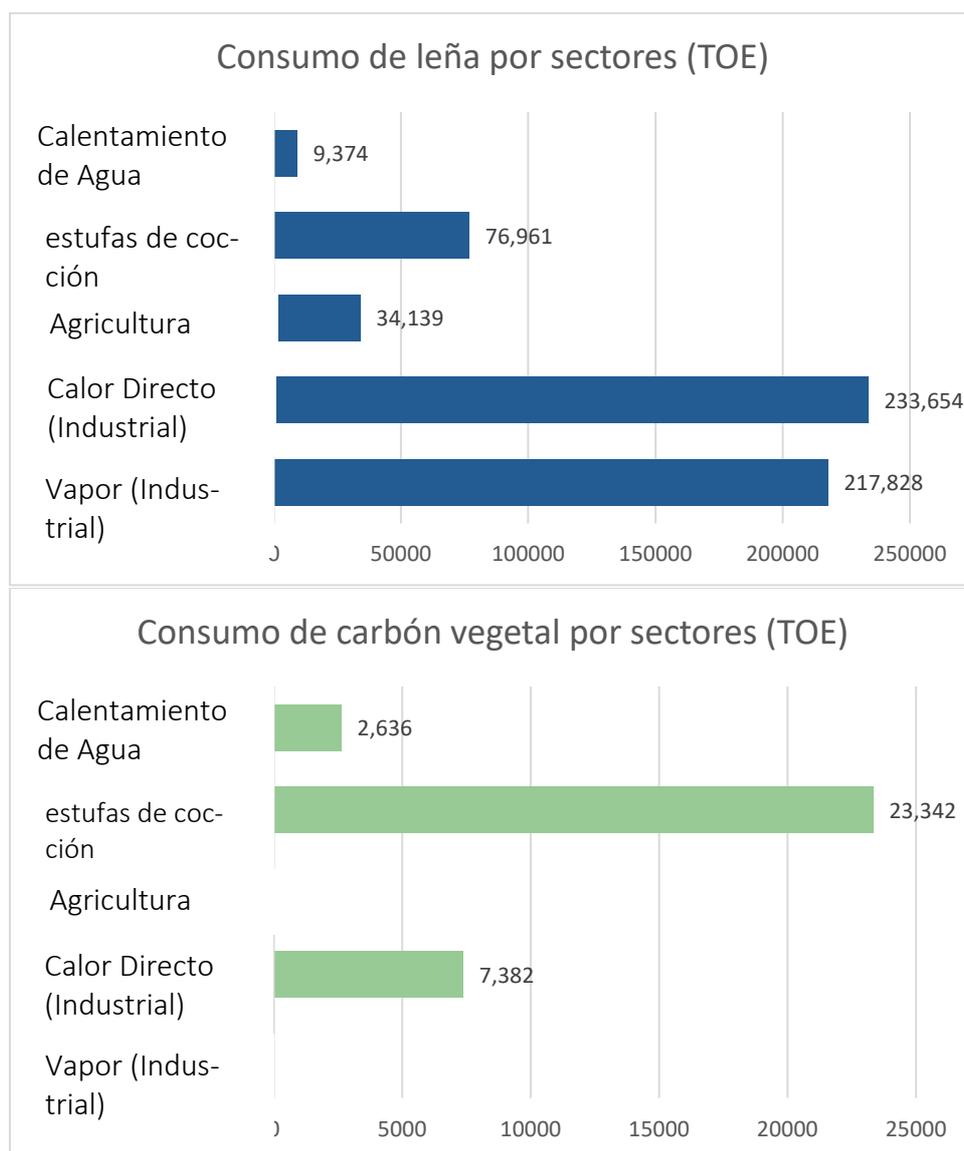
²³⁸ VMME, *Balance Energético Nacional 2019*.

²³⁹ La AIE define 1 TOE = 11,63 MWh.

media tensión, no está claro si el plan maestro de la ANDE prevé sustituir las hipótesis de demanda de leña y carbón vegetal por electricidad. Sin embargo, a partir de un trabajo técnico financiado y organizado por el BID en 2019, la ANDE elaboró un estudio comparativo en el que se analiza el costo de sustituir la cocina de GLP por la eléctrica/de inducción entre 2020–2030. Este costo total equivalía a 556 millones de dólares e incluía la generación, la transmisión y la distribución para una penetración eléctrica del 14–35% del consumo de los hogares durante el mismo período de tiempo²⁴⁰.

Como muestra la Figura 37, la leña se utiliza con más frecuencia en el sector industrial, mientras que el carbón vegetal es mucho más común en el sector residencial.

Figura 38: Consumo de combustible de madera por sectores (2019)



Fuente: Elaborado por los autores a partir de los datos de VMME.

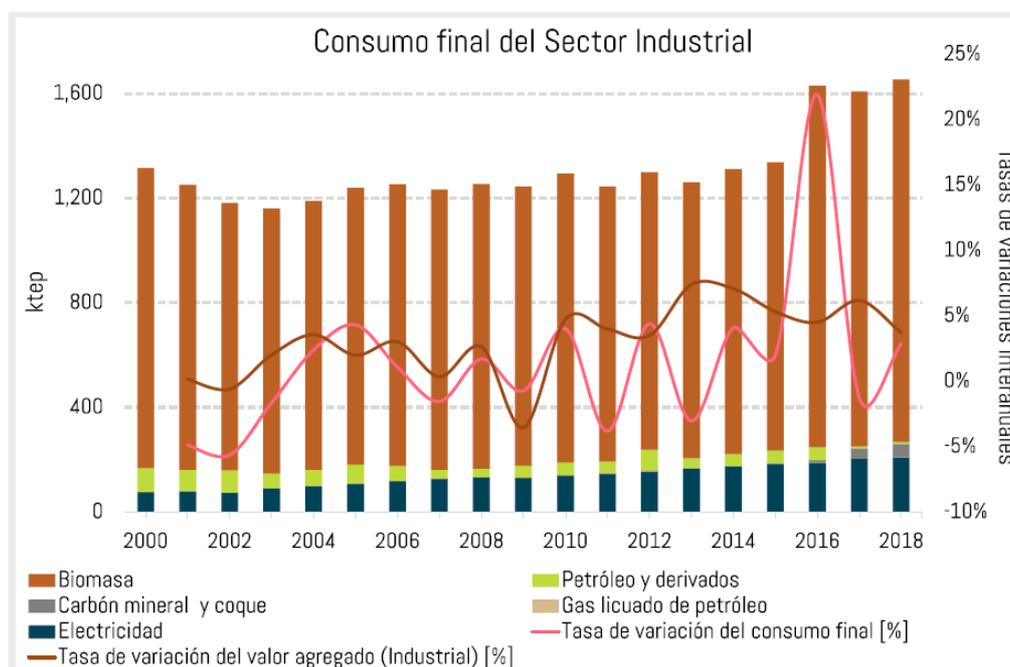
5.1.1 Biomasa industrial

Las fuentes de energía de biomasa representaron el 80,3% del consumo energético del sector industrial en 2019 y, en general, la proporción de energía de biomasa en el sector industrial ha aumentado

²⁴⁰ VMME, entrevista de los autores, noviembre de 2020.

desde el año 2000. La Figura 38 destaca este cambio al representar el consumo de fuentes de combustible mediante los gráficos de barras de colores (el naranja indica el consumo de biomasa).

Figura 39: Consumo de energía por el sector industrial (2000–2018)



Fuente: OLADE²⁴¹.

En un esfuerzo por reducir el consumo de biomasa no sostenible por parte del sector industrial, el Gobierno de Paraguay y el INFONA están trabajando para atraer inversiones en industrias que se abastezcan de biomasa de forma sostenible. Un ejemplo es la inversión de 2.000 millones de dólares en una fábrica de celulosa de eucalipto en la región norte de Paraguay (Departamento de Concepción)²⁴². Este proyecto, la mayor inversión en el sector de la biomasa en Paraguay, requerirá unas 150.000 hectáreas de madera para generar las cantidades previstas de pulpa y celulosa para la producción. Cuando esté en funcionamiento, esta única fábrica igualará toda la producción de celulosa de Argentina. Si bien el INFONA considera que es una oportunidad para generar un mercado de madera de origen sostenible y mitigar el mercado negro de la madera, habrá que²⁴³ vigilar de cerca la sostenibilidad del proyecto, ya que las fábricas de papel suelen provocar la contaminación atmosférica de sustancias químicas como el mercurio y otros productos químicos nocivos, así como la contaminación del agua y del suelo en el propio emplazamiento de la fábrica y sus alrededores²⁴⁴.

Independientemente de los esfuerzos del gobierno, las grandes industrias, como la cervecera Cervepar y la siderúrgica Acepar, actualmente inactiva, siguen dependiendo de la madera y el carbón vegetal de origen desconocido para fabricar productos con calderas de biomasa y biomasa como materia prima. Acepar solía consumir aproximadamente 120.000 toneladas métricas de carbón vegetal al año

²⁴¹ Alfonso Blanco Bonilla, Andrés Schuschny, Valeria Balseca, David Delgado y Luis Guerra, *Panorama Energético de América Latina y el Caribe* (Quito: OLADE, 2020), <http://biblioteca.olade.org/opac-tmpl/Documentos/old0456b.pdf>.

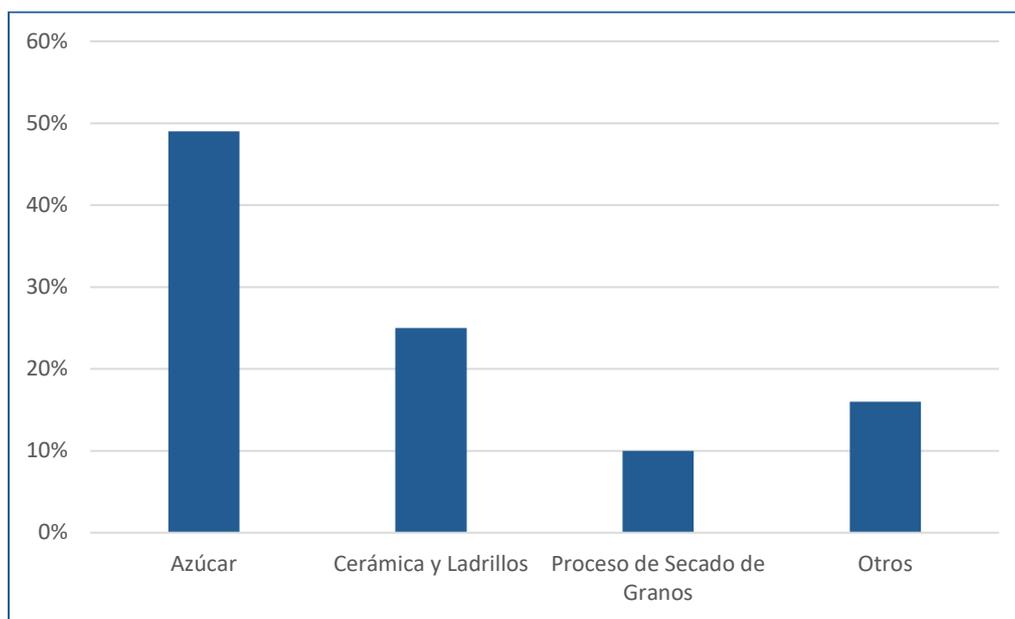
²⁴² Fastmarkets RISI, “Parcel Moves On With Preparation Steps For New BEK Mill In Paraguay”, comunicado de prensa, 13 de octubre de 2020, <https://www.risiinfo.com/industry-news/parcel-moves-on-with-preparation-steps-for-new-bek-mill-in-paraguay>.

²⁴³ INFONA, entrevista de los autores, octubre de 2020.

²⁴⁴ Erin Fitzgerald, “EPA Must Regulate All Toxic Air Emissions from Pulp Mills”, *EarthJustice*, 21 de abril de 2020, <https://earthjustice.org/news/press/2020/epa-must-regulate-all-toxic-air-emissions-from-pulp-mills>

en 2013²⁴⁵. La leña es más bien utilizada por las industrias de las pequeñas y medianas empresas (PYMES) para su transformación. Sin embargo, aunque las empresas industriales, tanto grandes como pequeñas, utilizan la biomasa, las PYME que prestan servicio a los mercados nacionales suelen tener márgenes de ingresos más estrechos y ser mucho más ineficientes que sus homólogas del mercado internacional²⁴⁶. Consecuencia, sectores como la industria azucarera, la fabricación de ladrillos y la industria cerámica, así como el proceso de secado de cereales, consumen grandes cantidades de leña, como se explica a continuación. Figura 39 resume cada uno de estos sectores en términos de demanda energética total como subconjunto del sector industrial.

Figura 40: Porcentaje de la demanda energética total del sector industrial por subsector



Fuente: BID²⁴⁷.

Azúcar

La industria azucarera representa el 49% de la demanda energética neta total del sector industrial. La principal área de ineficiencia es la de las calderas de caña de azúcar. Más del 51% de estas calderas tienen más de 10 años de uso y funcionan quemando tanto madera como bagazo de caña como fuentes de combustible. Además, la mayoría de los ingenios azucareros están ubicados en el Departamento de Guairá, un departamento con buen acceso a las redes eléctricas de alta tensión de Itaipú y Yacyretá²⁴⁸.

Cerámica y fabricación de ladrillos

²⁴⁵ Paul Borsy, Rafael Ortiz, Juan Balsevich, Mario Ríos y Martin Kaltschmitt, “Producción y Consumo de Biomasa Sólida en Paraguay” (Paraguay: Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones [MOPC], VMME y GIZ, 2013), <https://www.stp.gov.py/v1/wp-content/uploads/2017/04/Produccion-y-Consumo-Biomasa.pdf>.

²⁴⁶ BID, FP 063: Promoción de las Inversiones del Sector Privado en Eficiencia Energética en el Sector Industrial en Paraguay (Fondo Verde para el Clima, 2018), <https://www.greenclimat.fund/sites/default/files/document/funding-proposal-fp063-idb-paraguay.pdf>.

²⁴⁷ BID, FP 063: Promoción de las Inversiones del Sector Privado en Eficiencia Energética en el Sector Industrial en Paraguay.

²⁴⁸ BID, FP 063: Promoción de las Inversiones del Sector Privado en Eficiencia Energética en el Sector Industrial en Paraguay.

El subsector de la cerámica y la fabricación de ladrillos representa el 25% del consumo energético neto del sector industrial. El 73% de la energía consumida en este subsector procede de la leña, siendo la industria ladrillera la que utiliza la totalidad de su consumo energético. En 2011, del total de hornos de fabricación de ladrillos encuestados (58% del total), el 57% tenía más de 10 años²⁴⁹.

Proceso de secado de los cereales

En este sector, la leña es la fuente de energía casi exclusiva. Con un rendimiento energético del 37%, muy por debajo del 81% de eficiencia energética de los secadores eléctricos, las técnicas de secado de grano con leña son significativamente ineficientes. En el espacio de refrigeración de alimentos, que abarca parte del proceso de secado, cerca del 28% de las calderas de leña tenían más de 10 años.²⁵⁰

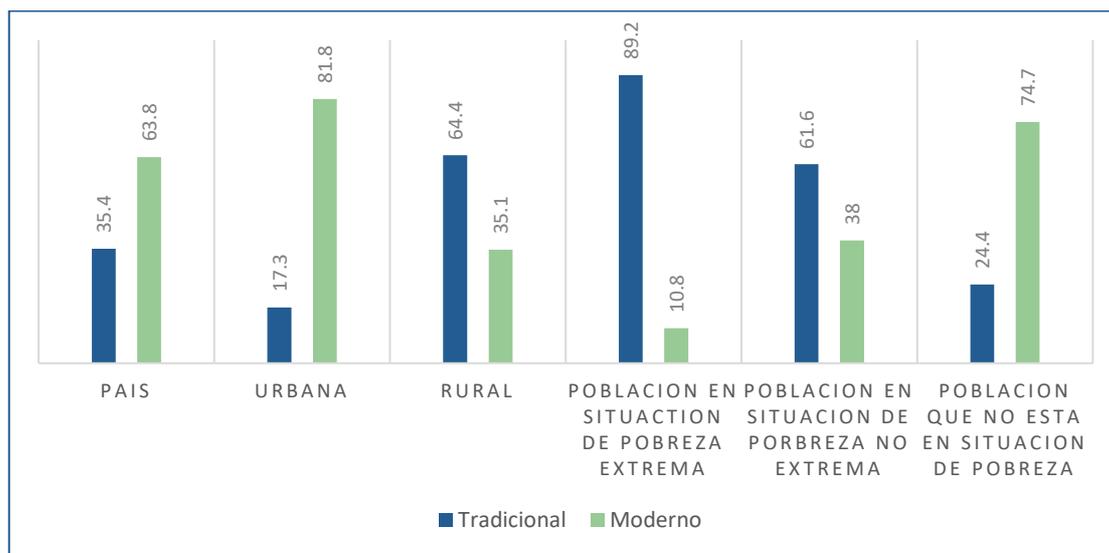
5.1.2 Biomasa residencial

El consumo de biomasa del sector residencial varía mucho entre los hogares rurales y urbanos. Mientras que, en conjunto, la proporción de hogares que utilizan la electricidad como fuente de combustible para cocinar alimentos creció un 7,1% de 2018 a 2019, en las zonas rurales la biomasa sigue siendo la principal fuente de combustible para las cocinas. De hecho, la leña representa entre el 18% de la matriz energética total para cocinar de forma limpia en los hogares rurales de ingresos altos y el 81,5% en los hogares rurales de ingresos bajos. Utilizando datos de 2017, la Figura 40 muestra cómo la división urbana/rural entre los combustibles para cocinar se agrava aún más teniendo en cuenta los niveles de pobreza.

²⁴⁹ BID, FP 063: Promoción de las Inversiones del Sector Privado en Eficiencia Energética en el Sector Industrial en Paraguay.

²⁵⁰ BID, FP 063: Promoción de las Inversiones del Sector Privado en Eficiencia Energética en el Sector Industrial en Paraguay.

Figura 41: Desglose de la población por porcentaje de consumo de combustible para cocinar, 2017



Fuente: PNUD²⁵¹.

5.2 Problemas en torno a la biomasa

5.2.1 Precios bajos para la biomasa

La razón principal del consumo relativamente alto de biomasa es la disponibilidad de leña a bajo costo²⁵². Aunque los precios de la leña han aumentado en torno a un 470% entre 2008 y 2017, pasando de 5,80 USD/tonelada²⁵³ a 33 USD/tonelada²⁵⁴, la Tabla 28 muestra que la leña sigue costando una fracción de las tarifas eléctricas cuando se convierten en kWh.

Tabla 28: Costo medio de la leña

Leña	Precio 2017 USD¢/kWh	Electricidad	Tarifa 2017 USD¢/kWh
Madera de calidad media	0,96	Residencial	7,02
		Industrial	5,47

Fuente: Fondo Verde para el Clima²⁵⁵ y ANDE²⁵⁶ (utilizando el tipo de cambio de diciembre de 2017 de 1 USD = 5,588 PYG).

²⁵¹ PNUD, Informe Nacional sobre Desarrollo Humano. Paraguay 2020: Energía y Desarrollo Humano.

²⁵² Aproximadamente el 50% del país estaba arbolado en la década de 1960.

Secretaría Técnica de Planificación, *Plan Marco Nacional de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Paraguay* (Asunción, 2012), <https://www.stp.gov.py/v1/wp-content/uploads/2017/04/PMNDyOT-PY-FINAL.pdf>.

²⁵³ BID, FP 063: Promoción de las Inversiones del Sector Privado en Eficiencia Energética en el Sector Industrial en Paraguay; Borsy et al., “Producción y Consumo de Biomasa Sólida en Paraguay”.

²⁵⁴ BID, FP 063: Promoción de las Inversiones del Sector Privado en Eficiencia Energética en el Sector Industrial en Paraguay.

²⁵⁵ BID, FP 063: Promoción de las Inversiones del Sector Privado en Eficiencia Energética en el Sector Industrial en Paraguay.

²⁵⁶ ANDE, *Resumen Estadístico 2014–2018*.

Según las Estadísticas de Energía de las Naciones Unidas, Paraguay fue el mayor productor de leña per cápita de la región, produciendo casi dos veces más que Brasil y doce veces más que Argentina en 2018²⁵⁷.

5.2.2 Problemas de deforestación

La deforestación en todo Paraguay, especialmente en el Chaco, se ha atribuido principalmente al uso de tierras agrícolas, incluyendo la ganadería (en el Chaco) y la producción de soja (en la región oriental), de la que Paraguay es el quinto y cuarto exportador mundial, respectivamente²⁵⁸.

Los bajos precios de la leña, junto con el fácil acceso a las tierras boscosas, han creado un fuerte desincentivo para que el sector privado cambie a fuentes de energía más limpias y también han tenido un efecto devastador en los bosques de Paraguay. Se calcula que entre 2013 y 2015 se talaron 573.252 hectáreas²⁵⁹. La mayor parte de esta deforestación se produjo en la región occidental del país, el Chaco (473.401 ha, lo que supone casi el 83% del total de la deforestación)²⁶⁰, ya que la deforestación en la región oriental del país quedó fuertemente proscrita tras la Ley de Deforestación Cero²⁶¹.

El Cuadro 11 muestra que Paraguay tuvo la segunda tasa de deforestación anual más alta de Sudamérica hasta 2010 y luego pasó al primer lugar durante el período 2010–2015.

Tabla 29: Tasa anual de ganancia o pérdida de superficie forestal durante un período determinado

	2000–2005	2005–2010	2010–2015
Argentina	-0,81	-0,80	-1,10
Bolivia	-0,46	-0,53	-0,50
Brasil	-0,57	-0,42	-0,20
Chile	0,26	0,23	1,80
Colombia	-0,16	-0,17	0,00
Ecuador	-1,73	-1,89	-0,60
Paraguay	-0,94	-0,99	-2,00
Perú	-0,14	-0,22	-0,20
Uruguay	1,48	2,79	1,30
Venezuela	-0,59	-0,61	-0,30
Media de la región	-0,366	-0,261	-0,18

Fuente: FAO²⁶².

Paraguay tiene altas tasas de deforestación en relación no solo con la región, sino también con el mundo. Al comparar una serie de países por su reducción del paisaje forestal intacto entre 2000 y 2013,

²⁵⁷ “Wood Fuel”, UNdata sobre Paraguay, División de Estadística de las Naciones Unidas, última actualización 4 de diciembre de 2020, <http://data.un.org/Data.aspx?d=FAO&f=itemCode%3a1864>.

²⁵⁸ Peter Veit y Ryan Sarsfield, *Land Rights, Beef Commodity Chains, and Deforestation Dynamics in the Paraguayan Chaco* (Washington D.C.: USAID, 2017), https://www.land-links.org/wp-content/uploads/2017/06/USAID_Land_Tenure_TGCC_Paraguay_Risk_Assessment_June-2017.pdf.

²⁵⁹ MADES, *Estrategia nacional de bosques para el crecimiento sostenible (ENBCS)* (Asunción: Gobierno de Paraguay, 2019), <http://dncc.mades.gov.py/wp-content/uploads/2019/06/ENBCS-Final.pdf>.

²⁶⁰ MADES, *Estrategia nacional de bosques para el crecimiento sostenible (ENBCS)*.

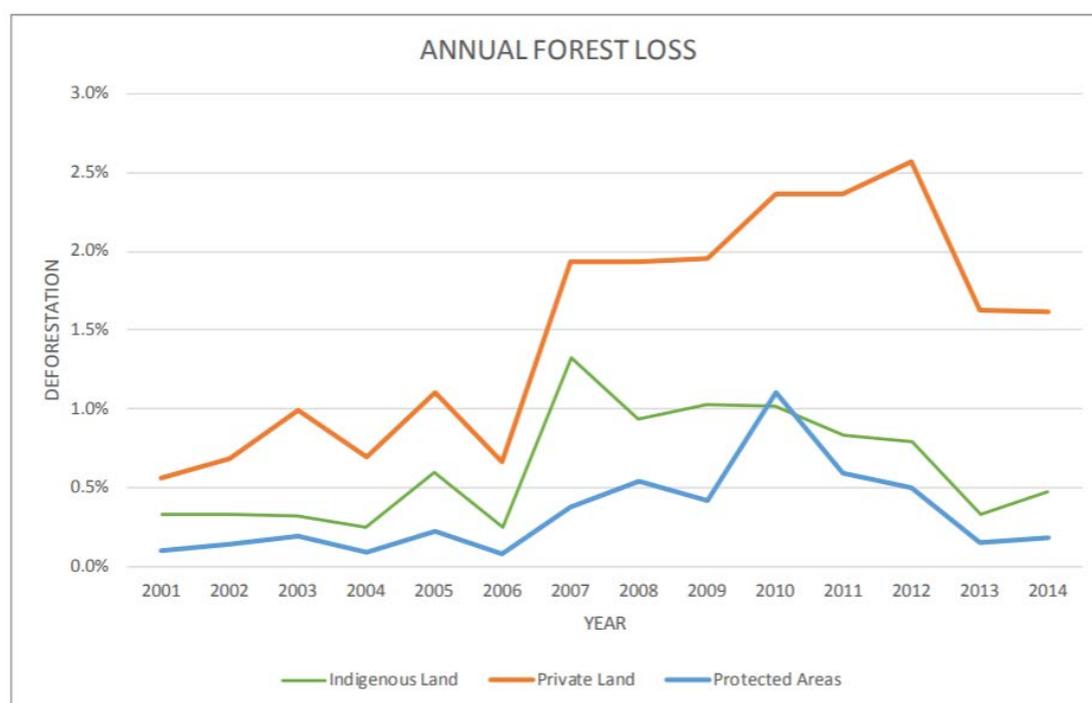
²⁶¹ FAO, *Evaluación de los Recursos Forestales Mundiales 2015* (Roma: FAO, 2015), <http://www.fao.org/3/a-i4808e.pdf>.

²⁶² FAO, *Evaluación de los Recursos Forestales Mundiales 2015*.

Paraguay se destaca como el segundo peor infractor con una reducción del 80% de la superficie boscosa entre 2000 y 2013, sólo por detrás de Rumania²⁶³.

Aunque la deforestación tiene lugar en todos los tipos de suelo en Paraguay, se aplica de forma desproporcionada a las tierras privadas. En el Chaco, por ejemplo, la deforestación en tierras boscosas tuvo un promedio anualizado del 1,5%, un 0,9% más que la siguiente tasa más alta de deforestación en tierras indígenas. El gráfico 37 resume estas tasas con mayor detalle. USAID estima que el 15% de los bosques de Paraguay se perdió específicamente debido a la deforestación en tierras privadas entre 2001 y 2014²⁶⁴.

Figura 42: Tasas de deforestación a lo largo del tiempo



Fuente: USAID²⁶⁵.

En 2012, se estimó que se talaron 50.000 hectáreas al año solo para satisfacer la demanda de leña y carbón vegetal, y solo el 12% de esta demanda se cubrió con bosques gestionados o reforestados, mientras que el 73% de la madera suministrada está sin contabilizar²⁶⁶. Conjunto, Paraguay consume 2,4 veces más biomasa forestal de la que es capaz de producir de forma sostenible²⁶⁷.

La deforestación resultante ha contribuido a impulsar el mencionado aumento de los precios de la madera en Paraguay, que ya han experimentado un incremento constante desde 2007 debido a la mayor demanda derivada del crecimiento demográfico y económico y a la disminución de la cantidad

²⁶³ Veit y Sarsfield, Land Rights, Beef Commodity Chains, and Deforestation Dynamics in the Paraguayan Chaco.

²⁶⁴ Veit y Sarsfield, Land Rights, Beef Commodity Chains, and Deforestation Dynamics in the Paraguayan Chaco.

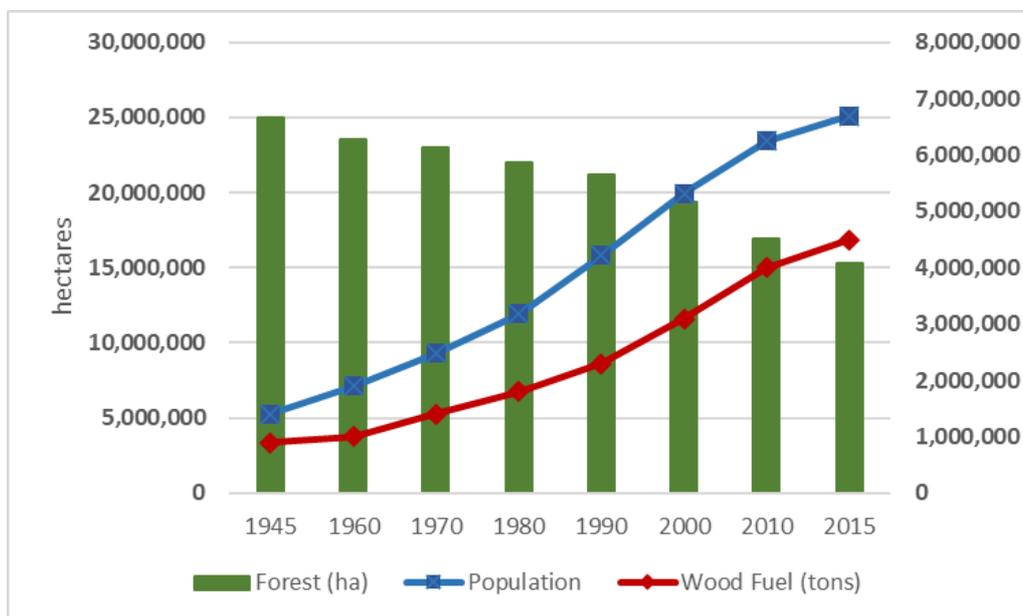
²⁶⁵ Veit y Sarsfield, Land Rights, Beef Commodity Chains, and Deforestation Dynamics in the Paraguayan Chaco.

²⁶⁶ Toledano et al., Leveraging Paraguay's Hydropower for Sustainable Economic Development.

²⁶⁷ VMME, "Producción y consumo de biomasa con fines energéticos en Paraguay".

de árboles disponibles para la tala²⁶⁸. Esta tendencia se ilustra en la Figura 42 y es de esperar que continúe sin la intervención del gobierno.

Figura 43: Cobertura forestal frente al crecimiento de la población y el aumento asociado de la demanda de madera



Fuente: Elaboración propia a partir del Informe de Diagnóstico de Paraguay²⁶⁹, FAO²⁷⁰, Banco Mundial²⁷¹ y UNECE²⁷².

Aunque en teoría los precios de la leña y el carbón vegetal por kWh acabarán superando a los de las tarifas eléctricas, y el sector privado perderá interés en la leña y el carbón vegetal, esto no ocurrirá pronto. Una de las razones de esta tendencia es el papel del transporte de la biomasa. Sin una infraestructura de transporte suficiente, algunas empresas no esperan los largos retrasos y el alto costo de la compra de biomasa legal para su uso como combustible, sino que compran biomasa de origen local, que a menudo se produce de forma ilegal. La falta de una infraestructura de transporte fiable y el consiguiente mercado negro de biomasa barata es otro obstáculo para que muchos en la industria pierdan el interés por la biomasa²⁷³.

5.2.3 Mala aplicación de la ley

Las alarmantes tasas de deforestación y la informalidad del sector de la biomasa de madera y carbón vegetal han llevado al Gobierno de Paraguay a introducir leyes que pretenden frenar la tala ilegal y la comercialización de productos forestales. El Cuadro 11 resume las leyes relacionadas con la silvicultura y las instituciones responsables.

²⁶⁸ BID, FP 063: Promoción de las Inversiones del Sector Privado en Eficiencia Energética en el Sector Industrial en Paraguay.

²⁶⁹ Mautner Markhoff, *Herramientas para mejorar la efectividad del mercado de combustibles de madera en la economía rural* (Viena: BID, 2008), <http://www.silvapar.com/politica-forestal/1.%20Forestal%20general/6.%20BID%20-%20Estudio%20Combustible%20LE%20C3%91A%202008.pdf>.

²⁷⁰ FAO, *Evaluación de los Recursos Forestales Mundiales 2015*.

²⁷¹ “Población, total”, Datos del Banco Mundial.

²⁷² “Factores de conversión y equivalentes energéticos”, Guía práctica de la dendroenergía, UNECE, <http://www.unece.org/forests/mis/energy/guide.html>.

²⁷³ INFONA, entrevista de los autores, octubre de 2020.

Cuadro 11: Leyes/reglamentos forestales e instituciones responsables

Ley N° 422/73 (Ley Forestal): Establece el principal marco legal de la política forestal en Paraguay. Uno de los objetivos de esta ley es proteger, conservar, incrementar, renovar y promover el uso racional de los recursos forestales del país. El artículo 42 de la Ley N° 422/73 establece: “Todas las propiedades rurales con más de veinte hectáreas en áreas forestales deberán mantener el veinticinco por ciento de sus áreas forestales naturales. En caso de que no tengan este porcentaje mínimo, el propietario deberá reforestar un área equivalente al cinco por ciento de la superficie”.

Ley n° 536/95: Para incentivar a los propietarios de tierras a reforestar las zonas identificadas, la ley “De Fomento a la Forestación y Reforestación” establece los siguientes beneficios para las actividades relacionadas con la silvicultura:

- a.) Un aumento único del 75% del costo total de capital para la ejecución del proyecto
- b.) Un aumento del 75% del costo operativo durante los tres primeros años del proyecto
- c.) Préstamos preferenciales a largo plazo con bajos tipos de interés del Banco Nacional de Fomento
- d.) Exenciones fiscales y arancelarias a la importación de plántulas
- e.) La exención de regímenes fiscales adicionales, municipales o departamentales

Ley n° 3001/06: La ley “De valoración y retribución de los servicios ambientales” ofrece a los propietarios y compradores de fincas rurales en las que se ejecutan proyectos ambientales la posibilidad de obtener certificados de servicios ambientales negociables y vender aquellos que sus propiedades superen el 25% de cobertura forestal mínima exigida. Al mismo tiempo, esta ley obliga a los proyectos que no se hayan adherido a la ley 422/1973 a pagar por los certificados de servicios ambientales hasta el valor que compense el daño ambiental causado. Además, los futuros proyectos perjudiciales para el medio ambiente (incluidas las industrias contaminantes y los proyectos de infraestructuras) tendrán que invertir al menos el 1% del costo de capital del proyecto en certificados de servicios medioambientales. El costo de los certificados ambientales es fijo y se basa en la ecorregión en la que se basa el certificado; este costo oscila entre 154 USD (Pradera del Chaco) y 885 USD (Litoral Central) por ha²⁷⁴.

Decreto N° 4056/15: La ley de “Certificación de Biomasa Sólida con Fines Energéticos” establece vías legales de certificación, control y promoción del uso de la bioenergía que garanticen la sostenibilidad de los recursos energéticos renovables.

Ley N° 2524/04: La Ley de Deforestación Cero se implementó en 2004. Esta ley prohibió temporalmente la deforestación de la región oriental con fines agrícolas o ganaderos hasta diciembre de 2013.

Ley N° 6256/18: La Ley de Deforestación Cero fue prorrogada en 2018. Esta adenda a la ley prorroga temporalmente la Ley N° 2524/04 hasta 2020, con la posibilidad de prorrogarla hasta 2022. Siguiendo

²⁷⁴ Peter T. Clarke, “Pagos por servicios ecosistémicos para proteger la ecorregión del bosque atlántico paraguayo”, *Parques Nacionales del Paraguay* (blog), 18 de abril de 2018, [http://nationalparksforparaguay.blogspot.com/2018/04/payments-for-ecosystem-services-to.html#:~:text=La%20PES%203001%2F06%20ley.et%20al.%2C%202010\).&text=Ecosistema%20servicio%20y%20ecosistema%20servicio.Adaptado%20de%20MEA%2C%205](http://nationalparksforparaguay.blogspot.com/2018/04/payments-for-ecosystem-services-to.html#:~:text=La%20PES%203001%2F06%20ley.et%20al.%2C%202010).&text=Ecosistema%20servicio%20y%20ecosistema%20servicio.Adaptado%20de%20MEA%2C%205).

el espíritu de la ley original, esta ley prohíbe la transformación y conversación de superficies con cobertura arbórea natural en la región oriental del Paraguay.

Fuente: *Parques Nacionales del Paraguay* (blog).²⁷⁵

El INFONA es la autoridad de aplicación de la Ley de Bosques N° 422/73, de la Ley N° 536/95 y de todas las demás directrices relacionadas con los bosques. Es una entidad descentralizada con autonomía administrativa que sucedió al Servicio Forestal Nacional, organismo dependiente del Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG). El INFONA también se encarga de aprobar los planes de gestión forestal, que deben presentarse antes de la explotación. En el caso de los proyectos con una superficie superior a 50 hectáreas, estos planes sólo pueden ser aprobados por el MADES, que emite una declaración de impacto ambiental. Además, el INFONA emite permisos de transporte forestal que permiten el transporte y la comercialización de madera y otros productos forestales. Este permiso identifica la cantidad, la especie, el peso o el volumen, el origen y el destino de la carga. El incumplimiento de esta normativa hace que la propiedad pueda ser considerada como terreno improductivo sujeto a expropiación²⁷⁶.

Sin embargo, aunque las leyes forestales de Paraguay proporcionan una buena base para reducir la deforestación en el país, y hay una mayor participación internacional en la mitigación de la deforestación, hay problemas con la insuficiente supervisión interna del gobierno y los procedimientos operativos tanto para la implementación como para el cumplimiento. Aunque las lagunas de la ley forestal se cerraron finalmente en 2008²⁷⁷, el proceso de concesión de permisos ambientales sigue careciendo de rigor y las revocaciones judiciales de los permisos siguen sin respetarse.

Además, las normas reglamentarias no exigen que el INFONA realice una auditoría previa antes de conceder los permisos de transporte, lo que dificulta la garantía de que los productos forestales amparados por los permisos de transporte forestal proceden realmente de propiedades que cuentan con un plan de gestión forestal aprobado. La Ley 515/94 prohíbe al INFONA expedir permisos de transporte forestal para la exportación. Además, el INFONA no cuenta con los fondos necesarios para administrar el sistema de límites máximos y comercio de certificados ambientales que se contempla en la Ley n° 3001/2006 (mencionada anteriormente), por lo que la ley sigue siendo ineficaz, lo que a su vez reduce la demanda de certificados²⁷⁸. Por ejemplo, los costos de obtención de los certificados y los costos de transacción pueden empezar en 5.000 dólares y van más allá dependiendo de si hay retrasos en el proceso, hay que pagar honorarios a los consultores o el solicitante vive fuera de Asunción. No existe una plataforma de negociación centralizada para estos certificados, lo que aumenta los costos de transacción para los participantes. La lista de actividades definidas como de alto impacto ambiental, que se asocia a la obligación de comprar certificados, es limitada²⁷⁹. Como resultado, a principios de

²⁷⁵ Peter T. Clarke, “Pagos por servicios ecosistémicos para proteger la ecorregión del bosque atlántico paraguayo”.

²⁷⁶ Veit y Sarsfield, *Land Rights, Beef Commodity Chains, and Deforestation Dynamics in the Paraguayan Chaco*.

²⁷⁷ Hasta la Resolución 531/2008, la ley forestal estaba plagada de lagunas, incluida una en la que un propietario vendía el 25% de la tierra boscosa a un comprador que luego podía deforestar hasta el 75% de la nueva “tierra comprada” y “sólo exigía que se reforestara el 5% de la tierra indebidamente despejada”. Peter Veit y Ryan Sarsfield, *Land Rights, Beef Commodity Chains, and Deforestation Dynamics in the Paraguayan Chaco*.

²⁷⁸ INFONA, entrevista de los autores, octubre de 2020.

²⁷⁹ PNUMA, *Nota conceptual: Mecanismo basado en el mercado – Implementación de la Ley 3001/06 en Paraguay* (Fondo Verde para el Clima, 2019), <https://www.greenclimate.fund/sites/default/files/document/21590-market-based-mechanism-implementation-law-3001-06-paraguay.pdf>.

2019, solo se ofrecieron 182.000 hectáreas en el mercado y solo el 10,6% se comercializó realmente²⁸⁰. El Fondo Verde para el Clima ha concebido un proyecto para subsanar estas deficiencias, pero aún no ha sido aprobado²⁸¹.

Por último, la ley prevé multas para quienes sean sorprendidos con biomasa obtenida ilegalmente (como la leña), pero no hay forma de saber de dónde procede la biomasa.

Estos problemas se agravan aún más con las responsabilidades de gestión compartidas entre el INFONA, el Ministerio de Medio Ambiente y el Ministerio de Agricultura, lo que conduce a bloqueos burocráticos de importantes estrategias para impedir la deforestación.

5.3 Soluciones para el sector de la biomasa

5.3.1 Iniciativas actuales para frenar la deforestación y acelerar la reforestación

Plan Nacional de Reforestación

El Plan Nacional de Reforestación, declarado por el Decreto N° 10.174/2012 en 2012, establece como meta nacional de Paraguay la plantación de 450.000 ha de árboles y tierras forestales entre 2013 y 2027²⁸². El alcance general del plan incluye 390.000 ha plantadas en plantaciones de uso múltiple (madera sólida y uso mixto energético) y 60.000 ha plantadas en plantaciones forestales. Con la esperanza de reducir las presiones sobre los bosques nativos de Paraguay por la demanda de biomasa del sector energético, se introdujo este proyecto de ley para orientar específicamente la reforestación de biomasa para la producción de energía²⁸³.

Sin embargo, el progreso hacia el objetivo del plan ha sido lento. La FAO sugiere que la combinación de especies autóctonas y exóticas en el proceso de reforestación ayudará a acelerar el desarrollo y la plantación tanto en las plantaciones de uso múltiple como en las de uso único. En particular, el uso del eucalipto como especie exótica ayudará a acelerar la reforestación, ya que esta especie en particular produce mínimas emisiones de gases de efecto invernadero a través de la producción de astillas de eucalipto (biomasa de madera triturada) y ya está ampliamente disponible en Paraguay²⁸⁴.

Programa de certificación de la biomasa sostenible

Existe un intento de regulación para controlar el mercado negro de la biomasa en el país. Al establecer un programa de certificación dentro del gobierno, que podría ser aplicado por el INFONA y el VMME, el INFONA espera identificar la biomasa legal frente a la ilegal. Lanzado por el Decreto N° 4056/2015 y

²⁸⁰ PNUMA, Nota conceptual: Mecanismo basado en el mercado – Implementación de la Ley 3001/06 en Paraguay.

²⁸¹ PNUMA, Nota conceptual: Mecanismo basado en el mercado – Implementación de la Ley 3001/06 en Paraguay.

²⁸² Tiziana Pierelli y Andrea Rossi, “Sostenibilidad de la biomasa forestal para energía y del etanol de maíz y caña de azúcar en Paraguay” (Environmental and Natural Resources Management Documento de Trabajo 70, Rome: FAO, 2018), <http://www.fao.org/3/i9576es/i9576ES.pdf>.

²⁸³ ABC Rural, “Plan Nacional de Reforestación”, ABC, 16 de enero de 2013, <https://www.abc.com.py/edicion-im-presa/suplementos/abc-rural/plan-nacional-de-reforestacion-527578.html>.

²⁸⁴ Pierelli y Rossi, “Sostenibilidad de la biomasa forestal para energía y del etanol de maíz y caña de azúcar en Paraguay”.

regulado por la Resolución MOPC N° 933/2020, este programa de certificación hará que estos organismos gubernamentales verifiquen el abastecimiento de biomasa en los sectores industrial y residencial e impongan multas a las empresas que compren madera, carbón vegetal y otros tipos de biomasa ilegales²⁸⁵. La fase de implementación del programa de certificación comenzó en julio de 2021, obligando a todos los consumidores de biomasa a consumir biomasa certificada como porcentaje del consumo total de biomasa. Para 2025, el porcentaje de biomasa consumida que debe ser certificada alcanza el 100% (30% en el año 1, 50% en el año 2, 70% en el año 3, 90% en el año 4 y 100% en el año 5)²⁸⁶.

Proyectos del Fondo Verde para el Clima

Paraguay participa actualmente en tres proyectos distintos del GCF en colaboración con las Naciones Unidas. El primer proyecto, FP062, se conoce como Proyecto de Pobreza, Reforestación, Energía y Cambio Climático (PROEZA). Se trata de promover la reforestación en el este de Paraguay para lograr el secuestro natural de carbono y la diversificación de la producción agrícola. Para lograrlo, se entregarán transferencias monetarias ambientales (TCE) a cambio de una agrosilvicultura comunitaria sensible al clima hasta que se puedan introducir modelos de agricultura sostenible en la zona²⁸⁷. En la sección 5.3.3 destaca un ejemplo de este proyecto.

El segundo proyecto, FP063, es un programa destinado para promover la mejora de la eficiencia energética en el sector industrial. Este proyecto trabaja para modernizar las tecnologías existentes con opciones más eficientes desde el punto de vista energético y eléctrico, y proporciona inversiones para lograrlo²⁸⁸. Este proyecto se analiza con más detalle en el apartado 55.3.2.

El tercer proyecto, FP121, se conoce como los pagos basados en resultados de REDD+ en Paraguay²⁸⁹. El Gobierno de Paraguay se adhirió al programa REDD+²⁹⁰, un proceso voluntario en el marco de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) que proporciona estrategias de supervisión y mitigación de la deforestación a nivel internacional, para catalizar la inversión en reservas forestales. Debido y además de su participación en el programa REDD+, el Gobierno de Paraguay recibió una subvención de 25 millones de USD para apoyar los esfuerzos de mitigación de la deforestación en zonas con pueblos indígenas y marginados. En combinación con los 65 millones de dólares del Gobierno de Paraguay, este proyecto está trabajando para combatir el cambio climático en el país. Sin embargo, los términos del acuerdo para la subvención están todavía en discusión²⁹¹.

Otros proyectos internacionales

²⁸⁵ INFONA, entrevista de los autores, octubre de 2020.

²⁸⁶ Decreto N° 4056/2015; Resolución MOPC N° 933/2020.

²⁸⁷ “FP062: Poverty, Reforestation, Energy and Climate Change Project (PROEZA)”, Fondo Verde para el Clima, 2018, <https://www.greenclimate.fund/project/fp062>.

²⁸⁸ “FP063: Promoting private sector investments in energy efficiency in the industrial sector and in Paraguay”, Fondo Verde para el Clima, 2018, <https://www.greenclimate.fund/project/fp063>.

²⁸⁹ “FP121: REDD+ Results-based payments in Paraguay for the period 2015–2017”, Fondo Verde para el Clima, 2019, <https://www.greenclimate.fund/project/fp121>.

²⁹⁰ Achim Steiner, Inger Andersen y Qu Dongyu, “Paraguay Demonstrates Benefits of Forests as a Nature-Based Solution to Climate Change”, *FAO*, 17 de febrero de 2020, <http://www.fao.org/redd/news/detail/en/c/1262457>.

²⁹¹ “The Green Climate Fund Allocates \$25 Million to Support FAO Climate Resilience Project in Paraguay”, *FAO*, 12 de abril de 2019, <http://www.fao.org/news/story/en/item/1190331/icode>.

Una de las herramientas más eficaces para vigilar la deforestación es el uso del seguimiento internacional por satélite. Este seguimiento, realizado por el Fondo Mundial para la Naturaleza (WWF), ha permitido observar la deforestación de pequeñas parcelas en muchas regiones remotas del país, zonas en las que los agricultores y grupos organizados talan árboles para aprovechar el suelo fértil que hay debajo para realizar cultivos ilegales como la marihuana para su exportación internacional²⁹². El aumento de la política presupuestaria para los sistemas de vigilancia y evaluación con satélites podría contribuir a disuadir la deforestación ilegal en los próximos años.

Paraguay también ha participado en los esfuerzos internacionales para reponer la cubierta forestal perdida dentro de sus fronteras. En 2019, Paraguay se unió a otros 16 países de América Latina como parte de la Iniciativa 2020, un movimiento para restaurar las tierras y los bosques degradados. Paraguay también se asoció con el Instituto de Recursos Mundiales para crear el primer Atlas Forestal nacional de América Latina. El proyecto del Atlas Forestal combinará los datos gubernamentales sobre deforestación con los últimos datos de monitoreo y de tecnologías de la información y la comunicación (TIC) para modular y actualizar la deforestación y la recuperación en una plataforma en línea²⁹³.

Además, Paraguay publicó en mayo de 2019 una Estrategia Nacional del Plan de Bosques para el Crecimiento Sostenible. Entre otras cosas, este plan utiliza los datos de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) sobre la deforestación para trazar una serie de objetivos y pasos para alcanzarlos. Con una reducción total de la cobertura forestal de 573.252 hectáreas entre 2013 y 2015, esta estrategia prioriza una coordinación de organizaciones entre el Ministerio de Medio Ambiente, REDD+ y la Comisión Nacional de Cambio Climático (CNCC), con la CNCC como organización mediadora. Entre otros objetivos, esta estrategia reconoce el papel del género, la socioeconomía y la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero como vías fundamentales para el éxito, reflejando el plan de desarrollo sostenible del país hasta 2030²⁹⁴.

5.3.2 Mejoras en el consumo industrial

En el marco de un exitoso préstamo obtenido del proyecto FP063 del GCF y del Banco Interamericano de Desarrollo por un total de 57,05 millones de dólares, el Gobierno de Paraguay ha trabajado activamente para reducir la tasa de consumo de biomasa en determinadas áreas del sector industrial²⁹⁵.

Las variantes eléctricas de la maquinaria de molienda utilizada en la producción de azúcar tienen rendimientos netos del 87%, lo que supone un aumento significativo con respecto a sus homólogas de leña, que podrían reasignar el bagazo neutro en carbono como fuente de combustible en lugar de la leña. En total, el potencial de ahorro de estas y otras mejoras similares en los equipos ascendería a 56,5 kTOE de energía. Los mayores ahorros proceden de la industria de la fabricación de ladrillos (25,5

²⁹² Emelin Gasparrini, “Forest Monitoring Strong Deterrent To Illegal Deforestation”, *World Wildlife Fund* (blog), 19 de mayo de 2016, https://wwf.panda.org/wwf_news/?268151/Forest-monitoring-strong-deterrent

²⁹³ World Resources Institute (WRI), “Release: Paraguay and WRI to Build First Publicly Accessible Forest Atlas in South America”, comunicado de prensa, 29 de marzo de 2019, <https://www.wri.org/news/2019/03/release-paraguay-and-wri-build-first-publicly-accessible-forest-atlas-south-america>.

²⁹⁴ MADES, “Estrategia Nacional de Bosques para el Crecimiento Sostenible (ENBCS)” (presentado en Webinar: Acción Climática en Paraguay: Government of Paraguay, 2019), <http://dncc.mades.gov.py/wp-content/uploads/2020/06/Estrategia-Nacional-de-Bosques-para-el-Crecimiento-Sostenible.pdf>.

²⁹⁵ BID, FP 063: Promoción de las Inversiones del Sector Privado en Eficiencia Energética en el Sector Industrial en Paraguay.

kTOE) y de la producción de energía de cogeneración de la industria azucarera (12,3 kTOE), esta última permite que el vapor genere también un excedente de electricidad que puede venderse a la red²⁹⁶.

El beneficio potencial de esta inversión se estimó en un ahorro de al menos el 10% de la demanda neta de energía en el sector industrial de Paraguay. Hasta la fecha, el proyecto ha registrado un rendimiento de la inversión del 11%²⁹⁷. El ahorro continuado de la biomasa podría reducir drásticamente la necesidad de deforestación y el consumo de biomasa en un futuro próximo²⁹⁸. Sin embargo, las inversiones en mejoras de la eficiencia energética en el sector industrial deben continuar para modernizar completamente la industria en su conjunto, no sólo las PYME y las grandes empresas industriales voluntarias.

El carbón vegetal también se utiliza como fuente de energía directa de la industria siderúrgica, mientras que la leña se ha utilizado en la industria del cemento tanto como combustible como materia prima. Aunque también es necesario aumentar la eficiencia, un cambio de combustible puede contribuir en gran medida a la descarbonización. Dada la sostenibilidad de la biomasa, que es neutra en cuanto al carbono (lo que no ocurre con el carbón vegetal y la leña), la biomasa como combustible y materia prima es la solución más baja en carbono y rentable para la industria del cemento en todos los precios de la electricidad, y en la industria siderúrgica lo es si los precios de la electricidad son superiores a 20 USD/MWh²⁹⁹.

En Paraguay, dado el alto nivel de biomasa no regulada e insostenible, el hidrógeno verde (cuyo potencial se discute en la sección 5.3.2) y el calor electrificado son herramientas de descarbonización mucho más fuertes para el sector industrial, en particular debido al bajo costo de la electricidad. Del mismo modo, estas soluciones también son más rentables que los emplazamientos de almacenamiento de captura de carbono (CAC) cuando la electricidad es barata. El Cuadro 12 indica qué soluciones son más eficaces que la CAC en determinados umbrales de precios de la electricidad en el estado actual de la tecnología.

Tabla 30: Alternativas más competitivas que la CAC a determinados precios de la electricidad

Umbrales de precios de la electricidad	Alternativas competitivas a la CAC
Por debajo de 50 USD/MWh	Producción de calor electrificada en fábricas de cemento nuevas
Por debajo de 35 USD/MWh	Hidrógeno verde para el amoníaco de Greenfield
	Hidrógeno verde para la producción de acero
Por debajo de 25 USD/MWh	Producción de calor electrificada en la producción de cemento en terrenos baldíos

²⁹⁶ BID, FP 063: Promoción de las Inversiones del Sector Privado en Eficiencia Energética en el Sector Industrial en Paraguay.

²⁹⁷ INFONA, entrevista de los autores, octubre de 2020.

²⁹⁸ BID, FP 063: Promoción de las Inversiones del Sector Privado en Eficiencia Energética en el Sector Industrial en Paraguay.

²⁹⁹ Arnout de Pee, Dickon Pinner, Occo Roelofsen, Ken Somers, Eveline Speelman y Maaïke Witteveen, *Decarbonization Of Industrial Sectors: The Next Frontier* (McKinsey, 2018), <https://www.mckinsey.com/~media/mckinsey/business%20functions/sustainability/our%20insights/how%20industry%20can%20move%20to-ward%20a%20low%20carbonization%20future/decarbonization-of-industrial-sectors-the-next-frontier.pdf>.

	El hidrógeno en la producción de acero en terrenos baldíos
Por debajo de 15 USD/MWh	Hidrógeno para el amoníaco de la zona industrial

Fuente: Mckinsey³⁰⁰.

Este análisis debe completarse con dos observaciones. Sólo compara los costos de explotación y no analiza los costos de capital implicados en la transformación de los procesos de calentamiento. Además, si bien las tarifas al consumidor de Paraguay están ahora mismo por encima de los 50 USD/MWh, podrían bajar tras el pago de la deuda de Itaipú y la renegociación del Anexo C. La reducción de las tarifas representa un riesgo para los ingresos de la ANDE, pero podría compensarse con un aumento de la base de consumidores mediante el desarrollo del hidrógeno verde. Es necesario que se produzca una conversación entre el gobierno, la ANDE y la industria para entender cómo planificar y abordar estas preocupaciones relacionadas con la descarbonización.

Aun así, el entorno político en Paraguay en este momento apoya el hidrógeno verde más para su uso en el sector del transporte que en los usos industriales. Esto se debe principalmente a que el hidrógeno verde industrial, si bien es beneficioso como se ha mencionado, todavía es difícil de implementar a niveles de costo más elevados. Con el tiempo, el hidrógeno verde será más viable en la industria, pero ahora mismo es demasiado optimista.

5.3.3 Mejoras en la cocina limpia

Como solución a la lenta adopción de estufas limpias en el sector rural, el VMME y el Banco Interamericano de Desarrollo trabajan para atender esta problemática a través del proyecto denominado “Diseño de un programa de Estufas Mejoradas”, aprobado por la Ley N° 6466/2019³⁰¹.

Como parte de esta iniciativa, el VMME ha comenzado a celebrar reuniones en sus oficinas con miembros de la comunidad, ministerios del gobierno y socios internacionales para construir un marco para la implementación del proyecto³⁰². El programa prevé instalar 7.500 cocinas mejoradas en hogares rurales pobres de los departamentos de Caaguazú, Canindeyú y San Pedro, en el este de Paraguay. Diseñadas en el centro del hogar para evitar la inhalación de humo, estas cocinas mejoradas consumen menos leña³⁰³. Estos esfuerzos se unen al proyecto Proeza del GCF para apoyar la reforestación municipal y las iniciativas de sostenibilidad.

Además de este proyecto, el VMME también ha solicitado ayuda para trabajar con la Alianza Solar Internacional³⁰⁴. Buscando cooperación técnica y provisiones para la fabricación de cocinas ecológicas, que utilizan un 70% menos de combustible de leña, el VMME espera llevar esta tecnología e incorporarla en todo Paraguay en los próximos años. Mientras tanto, el Ministerio de la Mujer, en colaboración con Itaipú y el VMME, está trabajando con 250 familias de las comunidades de La Esperanza y San

³⁰⁰ Arnout de Pee et al., Decarbonization of Industrial Sectors: The Next Frontier.

³⁰¹ VMME, entrevista de los autores, noviembre de 2020.

³⁰² “Diseño de un Programa de Cocinas Mejoradas – Apoyo a PROEZA”, *Viceministerio de Minas y Energía*, 8 de octubre de 2019, https://www.ssme.gov.py/vmme/index.php?option=com_content&view=article&id=1980:diseño-de-un-programa-de-cocinas-mejoradas-apoyo-a-proeza&catid=96:sample-news&Itemid=552.

³⁰³ FAO, *Gestión Social y Ambiental PROEZA* (Asunción: FAO), <http://www.fao.org/3/CA0244ES/ca0244es.pdf>.

³⁰⁴ “Alianza Solar Internacional”, Alianza Solar Internacional, <https://isolaralliance.org>.

José, en el departamento de Caaguazú. En este proyecto, titulado “Las mujeres indígenas y el uso de tecnologías alternativas en las comunidades, ecococinas”, estos actores están desarrollando un proyecto piloto para incorporar un tipo de cocina que tiene luces LED, un puerto de recarga de baterías para teléfonos móviles y un puerto USB para un panel solar. La esperanza es que, con los comentarios de la comunidad, estas estufas puedan mejorarse y el proyecto pueda superar la fase piloto³⁰⁵.

Además, existe un programa auspiciado tanto por el INFONA como por el Banco Central de Paraguay que pretende permitir las plantaciones forestales como garantía para los préstamos. Esto significa que el 80% de los bosques de Paraguay (el 95% en el Chaco), que están en tierras privadas, pueden utilizarse como garantía para los préstamos aceptados por el Banco Central de Paraguay. Este esfuerzo ayuda a incentivar a los propietarios de tierras para que mantengan los bosques nativos como garantía económica en el futuro³⁰⁶.

5.4 Recomendaciones para el sector de la biomasa

1. La sustitución del consumo de biomasa por electricidad siempre que sea posible es un imperativo tanto para minimizar la deforestación como para utilizar la electricidad a nivel doméstico, y se considera en el Escenario Cero Emisiones del modelo LEAP, así como en el modelo SimSEE (véanse los capítulos 1 y 3). La ANDE considera en cierta medida esta necesidad en el nuevo plan maestro cuando se trata de la industria de intensidad media, y el Gobierno de Paraguay debería tener en cuenta este factor cuando renegocie el Anexo C. Sin embargo, la electrificación por sí sola no resolverá el problema, y también deberían tomarse las siguientes medidas.
2. El actual marco normativo de la silvicultura es deficiente e inaplicable. El problema se ve agravado por la confusión institucional en torno a la gestión de la cuestión de la deforestación. El marco normativo debe ser revisado críticamente y reestructurado en torno al nexo clima-suelo-energía, considerando la necesidad de tierras para biomasa, así como otros usos, como los sumideros de carbono y el emplazamiento de infraestructuras energéticas de carbono cero. Hay que dotar al INFONA de la capacidad administrativa necesaria para vigilar el cumplimiento de las leyes y las sanciones, así como el uso directo de la financiación para lograr estos fines. La transferencia de fondos directamente al Ministerio de Medio Ambiente disminuye la capacidad del INFONA para actuar rápidamente sobre las medidas reguladoras.
3. Además, la ampliación de un sistema formal de certificación de biomasa para regular y controlar la venta y el consumo de biomasa ilegal y legal para los sectores industrial y comercial es de vital importancia. Con la aprobación de la Resolución MOPC n° 933/2020, el INFONA debería ser capaz de mitigar de forma más impactante el consumo global y empujar a la industria a la transición a la electricidad como alternativa a los combustibles de biomasa. Este programa de certificación podría ser una colaboración conjunta entre el Ministerio de Hacienda y el INFONA y supervisado por organizaciones internacionales como el programa REDD+, entidades con las que Paraguay ya tiene una relación de trabajo. Invertir en tecnologías de monitoreo ayudaría a los funcionarios del gobierno a rastrear dónde se produce la deforestación para controlarla mejor. La estrategia de Reforestación Nacional debe ser revisada a la luz de las últimas iniciativas internacionales en las que Paraguay participa y se le debe dar seguimiento.

³⁰⁵ VMME, entrevista de los autores, noviembre de 2020.

³⁰⁶ INFONA, entrevista de los autores, octubre de 2020.

4. Además de la escasa aplicación de la ley, la ineficiente red de infraestructuras de transporte y de la cadena de suministro es la causa de que muchos usuarios finales opten por la biomasa ilegal obtenida localmente en lugar de la legal, debido a los retrasos y al elevado costo. Las conversaciones con entidades internacionales para proyectos centrados en la mejora de la cadena de suministro de la biomasa legal entre el Chaco, de donde procede la mayor parte de la biomasa legal, y la región oriental de Paraguay, de gran peso industrial, donde se encuentra la mayor parte de la demanda de biomasa, ayudarían a incentivar la biomasa legal al reducir los precios y los tiempos de espera.
5. Trabajar para introducir una normativa que exija niveles mínimos de eficiencia en los equipos y cuotas de consumo de biomasa para el uso de la energía obligaría a las grandes empresas industriales a reconocer su impacto negativo en el medio ambiente. La creación de consejos consultivos en el seno del INFONA que verifiquen el cumplimiento con amenaza de multas ayudará a que la industria rinda cuentas. Para ello, los programas de eficiencia del VMME para las cocinas rurales deberían recibir todo el apoyo del gobierno y desplegarse rápidamente. Se debería trabajar con la ANDE y posiblemente con la empresa local de distribución del Chaco Central para evaluar el costo de la electrificación de las cocinas en las zonas rurales. El consumo de biomasa en las cocinas de las zonas urbanas debería estar prohibido para el año 2025.

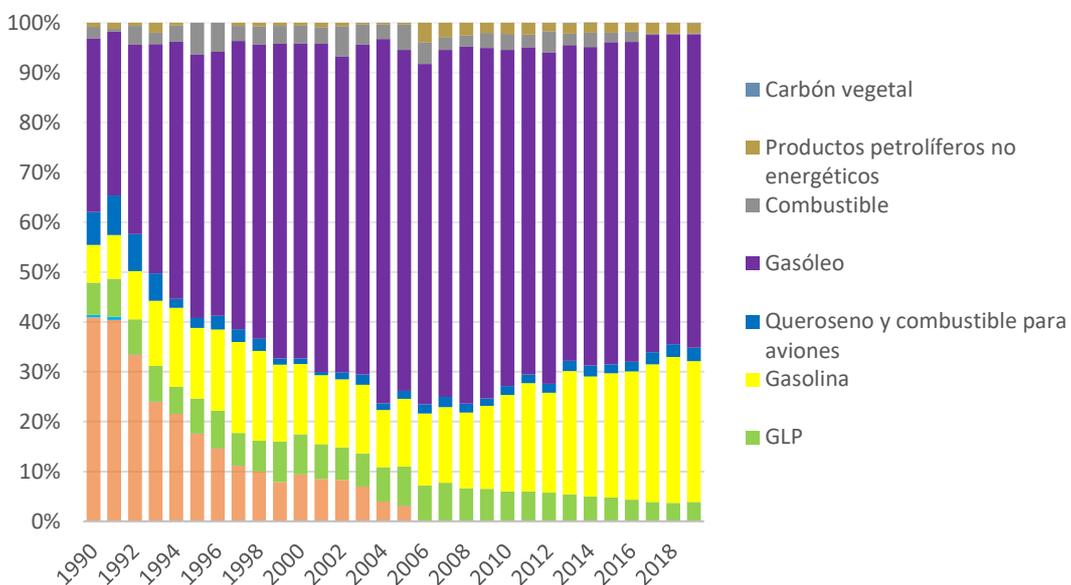
6. El sector del transporte en Paraguay

En este capítulo se desglosa la dependencia del sector del transporte de los combustibles fósiles, que en su conjunto representa el 40,2% de la demanda final de energía de Paraguay³⁰⁷, y su potencial futuro. En primer lugar, se resume el estado y las tendencias actuales del sector del transporte en Paraguay, tanto en lo que respecta a los combustibles fósiles (sección 5.1) como al transporte eléctrico (sección 5.2). La sección 5.3, basándose en las dos primeras secciones, discute varias políticas de transporte para la descarbonización, desde la creciente dependencia del transporte público hasta la preparación para la penetración de los vehículos eléctricos (VE), pasando por la consideración de la ventaja comparativa de Paraguay para el hidrógeno verde y los biocombustibles. La sección 5.4 destaca las recomendaciones clave para ilustrar un camino futuro para el sector del transporte en Paraguay a la luz de los avances tecnológicos realizados en los vehículos eléctricos, el hidrógeno verde y los biocombustibles.

6.1 Tendencias de los combustibles fósiles importados

En 2020, la factura de importación de petróleo de Paraguay fue de unos 1.300 millones de dólares³⁰⁸, lo que resulta costoso y aumenta la exposición del país al riesgo cambiario. Los principales productos petroleros importados en 2018 incluyen gasolina, GLP, combustible para aviones, diésel, fuel oil y coque de petróleo. La Figura 43 muestra el balance energético de las importaciones en Paraguay según el tipo de combustible.

Figura 44: Importación de energía por fuente (%), 1990–2019



Fuente: Elaboración propia a partir de VMME.

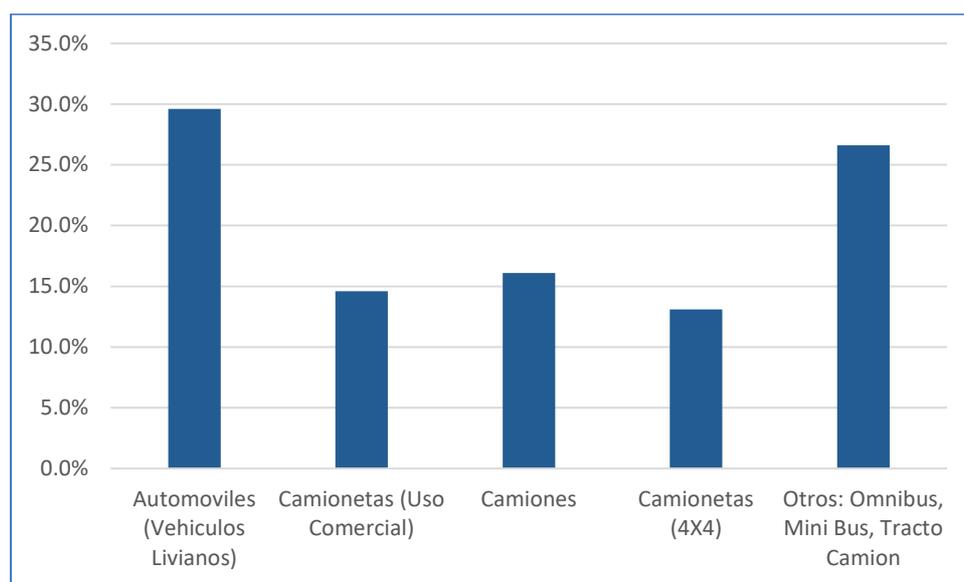
³⁰⁷ VMME, *Balance Energético Nacional 2019*.

³⁰⁸ “Lista de productos importados en Paraguay”, Trade Map, ITC, Enero de 2015, https://www.trademap.org/Product_SelCountry_TS.aspx?nvpm=1%7c600%7c%7c%7cTOTAL%7c%7c%7c2%7c1%7c1%7c1%7c2%7c1%7c1%7c1%7c1%7c1%7c1

En 2018, más del 89,6% del GLP se utilizó en edificios residenciales y comerciales principalmente para cocinar y calentar agua. En cuanto a la gasolina, prácticamente todas las importaciones se destinaron al sector del transporte. Del mismo modo, el 99,2% de las importaciones de combustible de aviación se destinó al sector del transporte y principalmente a la industria de la aviación. Todas las importaciones de gasóleo se destinaron al transporte. Casi todo el fuel oil y todas las importaciones de coque de petróleo se utilizaron como fuente de combustible en la industria pesada o como combustible alternativo para las barcas más pequeñas en la hidrovía Paraguay–Paraná³⁰⁹.

En su conjunto, el sector del transporte representa el 93% de todo el consumo de productos petrolíferos en Paraguay³¹⁰. El tipo de combustible más común en el sector en 2019 fue el diésel con un 60,79%, seguido de la gasolina con un 28,80%, el alcohol con un 7,46% y el queroseno/chorro con un 2,64%³¹¹. Los mayores usuarios de combustibles fósiles en el sector son los automóviles particulares con el 29,6% del consumo total, los camiones de carga con el 16,1%, el transporte comercial de carga con el 14,6%, los camiones 4X4 con el 13,1%, y otras formas de transporte (ómnibus, minibús, etc.) con el 26,6%³¹². Figura 44 identifica la proporción del consumo total de combustibles fósiles consumidos por cada tipo de vehículo a partir de 2011.

Figura 45: Proporción del consumo total de combustibles fósiles por tipo de vehículo (2011)



Fuente: Elaborado por los autores³¹³.

³⁰⁹ VMME, *Balance Energético Nacional 2018*, (Asunción: VMME, 2020), <https://www.ssme.gov.py/vmme/pdf/balance2018/BENpy2018-Estadistico%20-%20Analitico%20V3.pdf>; Jorge Ciacciarelli y Gordon Wilmsmeier, *Análisis de sustitución de combustibles del sistema de transporte fluvial de la Hidrovía Paraguay-Paraná* (Asunción: BID, 2020), <http://www.olade.org/publicaciones/analisis-de-sustitucion-de-combustibles-del-sistema-de-transporte-fluvial-de-la-hidrovía-paraguay-parana>.

³¹⁰ Cecilia Llamosas, Gerardo Blanco, Félix Fernández, Jazmin Suarez, Jose Sosa, Marcos Quintana y Matías Ramírez, *Diagnóstico de la Movilidad Eléctrica en el Paraguay: Línea de Base Preliminar para la Transición Tecnológica* (Asunción, 2019), compartido por los actores locales.

³¹¹ VMME, *Balance Energético Nacional 2019*.

³¹² VMME, *Balance Energético Nacional 2019*.

³¹³ Llamosas et al., *Diagnóstico de la Movilidad Eléctrica en el Paraguay: Línea de Base Preliminar para la Transición Tecnológica*.

Mientras que Paraguay sigue presionando para que los vehículos eléctricos dominen el sector del transporte, el Centro de Recursos Naturales, Energía y Desarrollo (CRECE) de Paraguay estima un aumento constante en la compra continua de vehículos con motor de combustión interna (ICE). Tal como está la ley actualmente (Ley N° 4333/2011), Paraguay permite la importación de vehículos usados de cualquier marca y modelo con una antigüedad de hasta diez años. Además, el Tribunal Supremo ha declarado inconstitucional este límite en varias ocasiones,³¹⁴ eliminando así el límite de edad para las importaciones. Como resultado, el 17,3% de la flota paraguaya es “nueva”, es decir, con menos de cinco años de antigüedad. El resto de la flota se compone de vehículos usados³¹⁵. En América Latina, Paraguay es el país más permisivo en cuanto a la antigüedad de los vehículos usados importados³¹⁶. Por ejemplo, Perú tiene un límite de antigüedad de cinco años, mientras que la importación de vehículos usados está prohibida en Argentina, Brasil, Chile, Colombia, Ecuador, Uruguay y Venezuela³¹⁷.

En 2020, el número total de vehículos registrados en Paraguay era de alrededor de 2.540.294³¹⁸. Figura 45 ilustra la propiedad de vehículos por tipo de vehículo y muestra el mayor uso de vehículos automotores personales en las zonas urbanas (como en los departamentos de Capital y Central) frente a las zonas rurales (como los departamentos de Alto Paraguay y Concepción).

Dado que Paraguay genera casi el 100% de la electricidad con energía hidroeléctrica, la gran mayoría de las emisiones de GEI del país por el uso de energía se derivan del consumo de combustibles fósiles en el sector del transporte. Aproximadamente el 67% de las emisiones de GEI por uso de energía en Paraguay provienen del sector del transporte, uno de los porcentajes más altos por lejos no sólo en Sudamérica sino también a nivel mundial (Ver Capítulo 1)³¹⁹. Al ritmo actual, se espera que las emisiones de GEI del sector del transporte en Paraguay aumenten en un 73% entre 2020 y 2030 según el modelo LEAP (ver Capítulo 1).

³¹⁴ Corte Suprema de Justicia, Jurisprudencia destacada: Acción de Inconstitucionalidad: Patricia Carolina Rivas Guerin c/ Artículo No. 1 de la Ley No. 4333/2011, Acuerdo y Sentencia No. 34, 26 de febrero de 2013, <https://www.pj.gov.py/notas/8274-jurisprudencia-destacada>.

³¹⁵ José Sosa, Entregable 1, Línea de base nacional y evaluación de oportunidades, desafíos y necesidades de tecnología de la movilidad eléctrica, parte del proyecto Avanzando con un enfoque regional hacia la movilidad eléctrica en América Latina, financiado por el Fondo Verde del Clima (GCF, por sus siglas en inglés) e implementado por el Programa de Medio Ambiente de las Naciones Unidas (PNUMA) (Asunción: 2020).

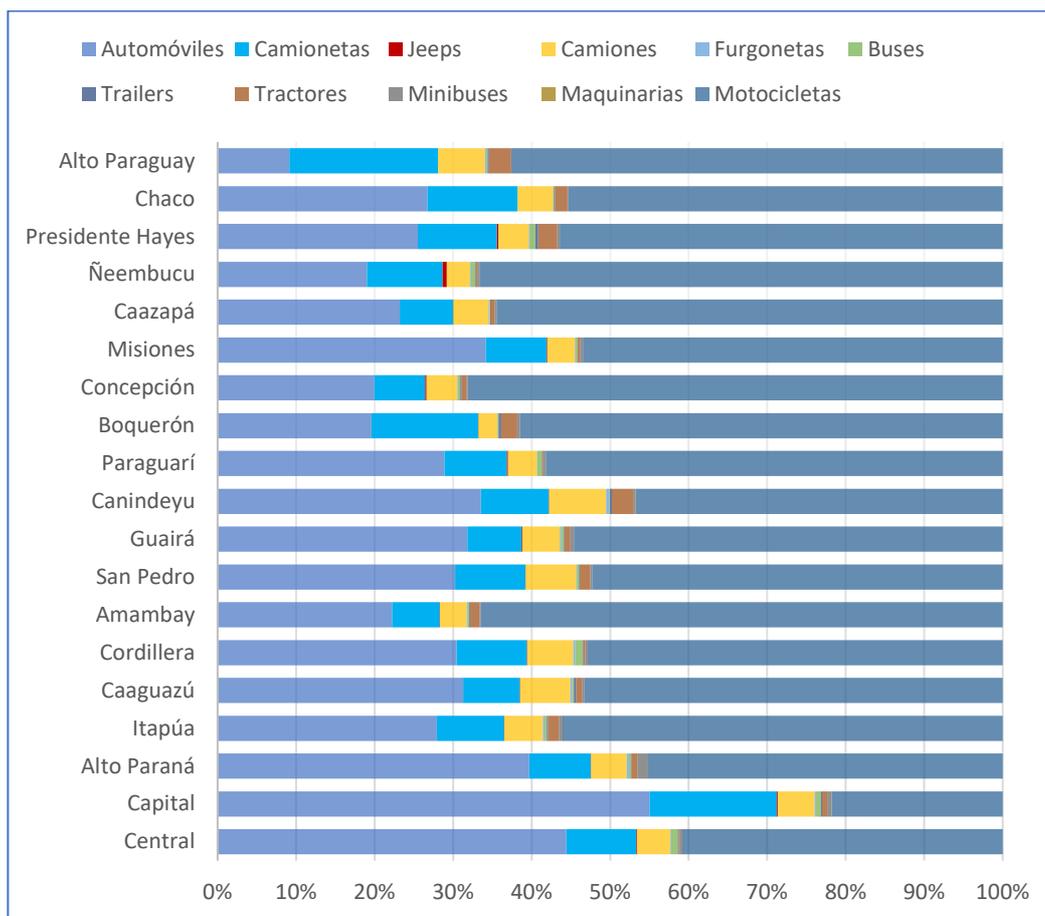
³¹⁶ PNUD, Informe Nacional sobre Desarrollo Humano. Paraguay 2020: Energía y Desarrollo Humano.

³¹⁷ UN Environment y UNECE, “Used Vehicles: A Global Overview” (UNECE, 2017), https://www.unece.org/fileadmin/DAM/trans/doc/2017/itc/UNEP-ITC_Background_Paper-Used_Vehicle_Global_Overview.pdf.

³¹⁸ Corte Suprema de Justicia, Dirección del Registro de Automotores y Compromiso con la gente, “Dirección Nacional del registro de Automotores Datos Estadísticos” (Departamento de Informática, 2020), https://www.pj.gov.py/imagenes/contenido/dnra/grafico_por_tipo_2020.jpg.

³¹⁹ Llamosas et al., Diagnóstico de la Movilidad Eléctrica en el Paraguay: Línea de Base Preliminar para la Transición Tecnológica.

Figura 46: Propiedad de vehículos por tipo y departamento (2020)



Fuente: Elaboración propia a partir del Registro Nacional del Automóvil.

6.2 Transporte eléctrico

6.2.1 Vehículos privados

Marco jurídico actual

Desde 2012, la Ley N° 5183/2014 que modifica la Ley N° 4601/2012 ha promovido la importación de vehículos eléctricos en Paraguay. Esta ley, que expira a finales de 2023, establece los objetivos y las medidas necesarias para establecer estaciones de recarga rápida en centros de población clave de todo el país e incorpora la necesidad de establecer tarifas preferentes para la electricidad utilizada para la recarga de vehículos eléctricos. Para las estaciones de recarga privadas, Paraguay adoptó la norma internacional IEC 61851-1; establece los requisitos técnicos y los umbrales para la implantación de dichas estaciones, que incluyen los valores nominales de tensión y los tipos de conexiones de carga necesarios con los VE.

Además, la Mesa Intersectorial de Movilidad Eléctrica, entidad puesta en marcha con el auspicio del BID y la Federación Internacional del Automóvil, inició sus operaciones a finales de 2018 y tiene como objetivo contribuir a la construcción participativa de una agenda estratégica para el sector. La entidad es coordinada por la Secretaría Técnica de Planificación del Desarrollo Económico y Social (STP), en-

tividad de gasto de la Presidencia, y el Viceministerio de Transporte³²⁰. Está integrada por representantes de los sectores público y privado, de la academia y de otras organizaciones relacionadas con el ámbito del transporte eléctrico³²¹.

La organización ayudó a impulsar el primer borrador de la Estrategia de Movilidad Eléctrica en 2018, que se compone de cuatro secciones principales³²²:

- 1) Normas, reglamentos y estándares: Esta sección resume las necesidades de incentivos para promover la expansión de la industria de los vehículos eléctricos en Paraguay sin hacer distinciones entre los vehículos híbridos y los 100% eléctricos. Además, esta sección destaca la necesidad de ampliar las definiciones y los usos de las estaciones de carga eléctrica y de realizar estudios sobre las tarifas eléctricas aceptables para los VE en el futuro.
- 2) Infraestructura: Esta sección destaca la importancia de las entidades binacionales para promover el desarrollo de la infraestructura de recarga eléctrica en Paraguay, aunque también señala que el mayor crecimiento se dará en las estaciones de recarga domésticas. También subraya la falta de recopilación de datos por parte de la ANDE para entender la distribución espacial necesaria de las estaciones de carga.
- 3) Demanda y oferta: Esta sección señala la falta de demanda existente de VE, promueve el uso de subvenciones y sugiere la conversión de la flota del gobierno al 100% de VE.
- 4) Información, financiación y promoción: En el último apartado se destaca la necesidad de que la electromovilidad se aplique a través de la política en tándem con otras políticas de movilidad y transporte para promover la comunión del sector con el transporte en general, tal y como se ha comentado en el apartado 5.3.1.

Posiblemente como resultado, en 2019, el gobierno emitió un “Programa de electromovilidad en el sector público”. En concreto, promueve la adopción de un 10% de VE en la flota del sector público a corto plazo, un 20% a medio plazo y un 50% a largo plazo (sin fechas concretas). También sugiere objetivos para la flota de la ANDE: 10% a corto plazo, 50% a medio plazo y 100% a largo plazo³²³: El Banco Central de Paraguay se ha comprometido a sustituir más del 50% de su flota por vehículos eléctricos para 2022³²⁴.

El decreto 1269/2019 promueve el control de los niveles de escape de contaminantes atmosféricos de los vehículos a motor por parte de los municipios y establece una coordinación interministerial en

³²⁰ Buscan conformar mesa Estratégica sobre Movilidad Eléctrica”, La Secretaría Técnica de Planificación del Desarrollo Económico y Social (STP), STP, 4 de noviembre de 2020, <https://www.stp.gov.py/v1/buscan-conformar-mesa-estrategica-sobre-movilidad-electrica/>.

³²¹ Llamosas et al., *Diagnóstico de la Movilidad Eléctrica en el Paraguay: Línea de Base Preliminar para la Transición Tecnológica*.

³²² Llamosas et al., *Diagnóstico de la Movilidad Eléctrica en el Paraguay: Línea de Base Preliminar para la Transición Tecnológica*.

³²³ “Paraguay presentó oficialmente programa para electromovilidad en Cumbre Mundial”, La Secretaría Técnica de Planificación del Desarrollo Económico y Social (STP), STP, 9 de diciembre de 2019, <https://www.stp.gov.py/v1/paraguay-presento-oficialmente-programa-para-electromovilidad-en-cumbre-mundial/>.

³²⁴ Llamosas et al., *Diagnóstico de la Movilidad Eléctrica en el Paraguay: Línea de Base Preliminar para la Transición Tecnológica*.

torno a esta cuestión. El decreto también prevé que, en el plazo de un año, las autoridades aduaneras establezcan controles de emisiones en las terminales de importación de vehículos y ordenen la devolución al lugar de origen de los vehículos que no superen el umbral mínimo de eficiencia de emisiones.

La aceptación actual de los vehículos eléctricos

Según los últimos datos recopilados por el PNUMA, hasta 2020 se habían importado al país 727 vehículos eléctricos, cifra muy superior a la prevista en algunos estudios³²⁵. De ellos, 256 son 100% eléctricos y el resto son vehículos híbridos. Se sabe que dos empresas venden vehículos 100% eléctricos en Paraguay. Se trata del Grupo Timbo, que vende exclusivamente vehículos producidos por la Beijing Automotive Industry Corporation, y del Grupo Diesa, un holding con derechos de venta de vehículos BYD en Paraguay. Mientras que el Grupo Timbo ofrece actualmente dos vehículos totalmente eléctricos diferentes, el EX 360 y el EC 200, el Grupo Diesa vende cuatro modelos diferentes totalmente eléctricos (dos SUV y dos monovolúmenes)³²⁶. Otra empresa, GreenTech, es conocida por su importación de vehículos eléctricos usados en los mercados paraguayos, incluyendo modelos como el Chevrolet Volt, el Nissan Leaf y el Ford Fusion³²⁷.

A finales de 2020, Paraguay contaba con 19 puntos de carga gratuitos para vehículos eléctricos, seis de los cuales son estaciones de carga rápida o ultrarrápida³²⁸. Viendo el beneficio potencial de las estaciones de carga públicas, el Parque Tecnológico de Itaipú propuso el proyecto “Ruta Verde”, que consiste en la instalación de una serie de estaciones de carga públicas que conectan Asunción y Ciudad del Este, una distancia de 330 km. Con cuatro estaciones de recarga separadas por 70 km entre sí, este proyecto se completó en 2020³²⁹.

Un proyecto similar comenzó en noviembre de 2018 por parte de la EBY (Yacyretá), con el objetivo de instalar 20 estaciones de carga a lo largo de 370 km de la Ruta 1, que se extiende desde Asunción hasta Encarnación. La financiación inicial de USD 600.000 estaba prevista para la ejecución del proyecto durante el segundo semestre de 2019; sin embargo, el proyecto ha sido suspendido por el momento³³⁰.

6.2.2 Trenes eléctricos

Paraguay cuenta con dos proyectos de infraestructura a gran escala que han surgido en los últimos años. Ambos proyectos, conocidos como Bioceánica, pretenden atravesar las regiones del norte de Paraguay y conectar la zona con los vecinos regionales para el comercio y el transporte. Mientras que la primera parte de esta iniciativa es una carretera de 277 km entre Loma Plata (Boquerón) y Carmel

³²⁵ Véase, por ejemplo: Matías Ramírez y Marco Quintana, Impacto de la Inserción de Vehículos Eléctricos en la Matriz Energética Nacional – Análisis con base en los Objetivos del Plan Nacional de Desarrollo 2030 (Asunción: La Universidad Nacional de Asunción, 2019), compartido por actores locales.

³²⁶ José Sosa, Entregable 1.

³²⁷ Llamosas et al., Diagnóstico de la Movilidad Eléctrica en el Paraguay: Línea de Base Preliminar para la Transición Tecnológica.

³²⁸ José Sosa, Entregable 1.

³²⁹ Marcelo Barboza, Enrique Buzarquis y Juan Domaniczky, *Estado del Arte de Cargadores de Vehículos Eléctricos en la República del Paraguay* (CIGRÉ, XIII Seminario del Sector Eléctrico Paraguayo, 2018); actores locales, entrevista de los autores, febrero de 2021.

³³⁰ Llamosas et al., Diagnóstico de la Movilidad Eléctrica en el Paraguay: Línea de Base Preliminar para la Transición Tecnológica.

Peralta (Alto Paraguay)³³¹, el segundo proyecto es la construcción del ramal paraguayo de 533 km del ferrocarril Bioceánica, que unirá São Paulo, en Brasil, con Antofagasta, en Chile³³². De las diversas alternativas estudiadas, la opción preferida utiliza locomotoras electrodiésel, lo que permite una operación dual del ferrocarril³³³. Sin embargo, aunque el proyecto se anunció en 2019, se ha retrasado. FEPASA –la empresa estatal que tiene las concesiones de los servicios ferroviarios en todo el país– no ha podido avanzar debido a la preocupación por la solvencia de la empresa que ejecuta el proyecto³³⁴.

6.2.3 Transporte público urbano

Mientras se desarrollan las infraestructuras en el norte de Paraguay, la congestión del tráfico empeora en las ciudades paraguayas debido al creciente número de vehículos. El gobierno trató de resolver los problemas de transporte público en Asunción con una serie de proyectos clave para mejorar el transporte de pasajeros.

El proyecto de BRT *Pya'e Porâ*, que unía el centro de Asunción con San Lorenzo y Capiatá, combinaría las ventajas de un sistema de metro (derecho de paso exclusivo, puntualidad y frecuencia) y de un sistema de autobuses urbanos (menores costos de construcción, mantenimiento y operación). Sin embargo, el proyecto se vio envuelto en largas disputas entre el gobierno y el constructor y finalmente fue cancelado en 2018³³⁵.

Por otro lado, el Tren de Cercanías, un proyecto de tren ligero eléctrico diseñado para conectar los municipios suburbanos y vecinos de Asunción con fácil acceso al centro de la ciudad, está muy avanzado. Los estudios de prefactibilidad prevén que la media anual de usuarios del tren ligero alcanzará los 45,8 millones entre 2018 y 2047, con un número inicial de usuarios diarios de 108.214, como se muestra en Tabla 31³³⁶. En efecto, el uso inicial del sistema ahorrará el 3,62% del tráfico diario de automóviles personales, motocicletas y autobuses.

³³¹ Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones, “Cooredor Vial Bioceánico” (Gobierno de Paraguay, 2020), <https://www.mopc.gov.py/index.php/corredor-bioceanico>.

³³² “Proyecto privado para concesionar el tren bioceánico sigue sin avanzar”, *ABC*, 5 de junio de 2020, <https://www.abc.com.py/nacionales/2020/06/05/proyecto-privado-para-concesionar-el-tren-bioceanico-sigue-sin-avanzar/>.

³³³ Toledano et al., Leveraging Paraguay’s Hydropower for Sustainable Economic Development.

³³⁴ Mccopa, “Paraguay: Proyecto privado para Tren Bioceanico no tiene avances”, *Carreteras Pan-Americanas*, 8 de junio de 2020, <https://www.carreteras-pa.com/noticias/paraguay-proyecto-privado-para-tren-bioceanico-no-tiene-avances/>.

³³⁵ “Metrobús, suspendido hasta hallar una salida”, *ABC*, 2019, <https://www.abc.com.py/nacionales/metrobus-suspendido-hasta-hallar-otra-opcion-1752982.html>.

³³⁶ FEPASA, “Proyecto: Tren De Cercania Para Pasajeros Entre Asunción E Ypacaraí: Estudio De Prefactibilidad” (FEPASA, 2020), <https://docplayer.es/1201162-Proyecto-tren-de-cercania-para-pasajeros-entre-asuncion-e-ypacarai.html>.

Tabla 31: Volumen de tráfico por modo (2020)

Clasificación		Automóvil Personal	Ómnibus	Motocicleta	Tren Ligero	Total
Escenario Base	Viajes	1.133.291	1.585.882	268.155	-	2.987.328
	Tasa (%)	37,94	53,90	8,98	-	100,00
Escenario alternativo	Viajes	1.116.068	1.507.824	255.222	108.214	2.987.328
	Tasa (%)	37,36	50,47	8,54	3,62	100,00
Diferencia en el volumen de tráfico (%)		-0,58	-2,61	-0,43	+3,62	0

Fuente: Proporcionado por los autores a partir de FEPASA³³⁷.

Como asociación público–privada, el proyecto cuenta actualmente con seis grupos de empresas privadas interesadas. Se prevé que el proyecto cueste 380 millones de dólares y se está ultimando con la ayuda de asesores técnicos y consultores de Corea del Sur³³⁸.

Además, el gobierno ha comenzado a actualizar su antigua flota de autobuses. En 2014, un decreto presidencial estableció un mandato que exigía el desguace de los autobuses de más de 20 años. A su vez, el Gobierno concedió 11 millones de dólares (30.000 dólares por autobús) a los propietarios de autobuses para que compraran otros nuevos³³⁹. En total se compraron unos 367 autobuses con esta subvención. Otro decreto de 2014 obligó a todos los propietarios de autobuses a renovar el 10% de su flota cada año³⁴⁰. Actualmente, la edad media de la flota de autobuses públicos es de 8,1 años, frente a una media de 13 años en 2014. Desde 2014 se han retirado unos 740 autobuses³⁴¹. Sin embargo, el decreto que promulgó esta inversión única no se renovó, y actualmente no hay subvenciones disponibles para la renovación de la flota³⁴².

6.3 Vías para un transporte descarbonizado

Después de introducir el principio de los kilómetros recorridos por los vehículos³⁴³, esta sección examina las diversas políticas actuales y futuras que Paraguay podría aprovechar para embarcarse en el logro de estos objetivos de tipo de combustible a través de una profunda descarbonización de su sector de transporte (a través de vehículos eléctricos (6.3.2), hidrógeno verde (6.3.3) y biocombustibles (6.3.4).) La sección también analiza la descarbonización con la vista puesta en los co-beneficios de la industrialización.

³³⁷ FEPASA, “Proyecto: Tren De Cercanía Para Pasajeros Entre Asunción E Ypacaraí”.

³³⁸ “Tren de cercanía sigue siendo un sueño: Estamos más cerca que nunca, promete Fepasa”, *Hoy*, 20 de noviembre de 2020, <https://www.hoy.com.py/nacionales/tren-de-cercania-sigue-siendo-un-sueno-estamos-mas-cerca-que-nunca-promete-fepasa>.

³³⁹ María Gabriela González, “Transportistas de Asunción desean subsidios y bonos para renovar flota”, *ABC*, 4 de enero de 2020, <https://www.abc.com.py/edicion-impresa/economia/2020/01/04/transportistas-de-asuncion-desean-subsidios-y-bonos-para-renovar-flota>.

³⁴⁰ PNUMA, “Air Quality Policies” (PNUMA, 2015), <https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/17081/1/Paraguay.pdf>.

³⁴¹ “Reducen a ocho años el promedio de edad de buses”, *ADN Paraguayo*, 1 de junio de 2018, <https://www.adndigital.com.py/reducen-ochos-anos-promedio-edad-buses>.

³⁴² *ADN Paraguayo*, “Reducen a ocho años el promedio de edad de los buses”.

³⁴³ Los kilómetros recorridos por los vehículos (VMT) son una cantidad que mide la distancia recorrida por un medio de transporte, lo que incentiva la utilización de medios de transporte más eficientes en cuanto a combustible.

6.3.1 Reducir la dependencia del coche privado y aumentar la del transporte público

Además de las estrategias de mitigación de los gases de efecto invernadero para los coches particulares y los vehículos ligeros, tener en cuenta los kilómetros recorridos (VMT) también puede ayudar a alcanzar los objetivos de descarbonización. Con el argumento de los VMT, modos de transporte como la bicicleta, los desplazamientos a pie y el transporte público se valoran mucho más por una mayor capacidad de pasajeros, un viaje con cero emisiones o ambos. Por ejemplo, los expertos en descarbonización recomiendan una reducción del VMT del 25% para 2050 en Estados Unidos. Para lograrlo, se recomienda encarecidamente la ampliación del tránsito rápido de autobuses y de las líneas ferroviarias locales dentro de las ciudades. Para otros medios de transporte, se recomienda una distancia de 400 millas (644 km) como umbral; si el viaje es inferior a 400 millas, debe utilizarse un vehículo de superficie con motor eléctrico, mientras que los viajes superiores a 400 millas pueden utilizar un avión con biocombustible como alternativa³⁴⁴. Una estrategia basada en el VMT permite el desarrollo de una política holística para el transporte. Serán necesarios estudios específicos en profundidad, que quedan fuera del alcance de este informe, para evaluar las distancias de corte adecuadas en el contexto de Paraguay.

6.3.2 Vehículos eléctricos

6.3.2.1 Potencial de reducción de emisiones

En 2019, se estima que el uso mundial de vehículos eléctricos en lugar de vehículos impulsados por combustibles fósiles ha ahorrado un total de 52,4 millones de toneladas métricas de CO₂³⁴⁵. De este ahorro potencial, el 87% tuvo lugar en China, el 7% en Norteamérica, el 5% en Europa y el 1% en el resto de Asia. En todas estas zonas, la eficiencia de los vehículos eléctricos en la reducción de las emisiones de CO₂ se ve empañada por el hecho de que la generación eléctrica no se produce a partir de fuentes de energía 100% renovables. En este sentido, Paraguay lleva una gran ventaja, ya que más del 99% de su electricidad se genera con energía hidroeléctrica.

Un país muy similar a Paraguay en su generación de electricidad basada esencialmente en las energías renovables, Noruega ha visto una disminución neta anual del 9,5% en las emisiones de CO₂ en 2019 como resultado de la implementación constante del transporte eléctrico. Dado el éxito de Noruega en la disminución continua de las emisiones de CO₂, Paraguay tiene un potencial prometedor para frenar las emisiones de GEI del sector del transporte también.

Basándose en el escenario 3 del análisis del modelo LEAP presentado en el capítulo 1y en el tamaño actual de la flota de vehículos, Tabla 32 ilustra el aumento de la penetración de los coches eléctricos, híbridos y de biodiésel para descarbonizar el sector del transporte en 2050. Aunque se prevé que el parque de vehículos (turismos, autobuses, transporte de mercancías, etc.) se duplique entre 2020 y 2050, se espera que los coches eléctricos e híbridos constituyan la mayor parte del parque en 2050.

³⁴⁴ Daniel Sperlin, Lew Fulton y Vicki Arroyo, “Chapter 5.2: Accelerating Deep Decarbonization in the U.S. Transportation Sector” en *America’s Zero Carbon Action Plan*, Jeffrey Sachs y ed. Elena Crete et al. (SDSN, 2020), <https://irp-cdn.multiscreensite.com/6f2c9f57/files/uploaded/zero-carbon-action-plan%20%281%29.pdf>.

³⁴⁵ AIE, *Global EV Outlook 2019* (AIE, 2019), <https://www.iea.org/reports/global-ev-outlook-2019>.

Tabla 32: Objetivos del parque de vehículos para el escenario 3 Objetivos por tipo de combustible

Tipo de Combustible	Año							
	2020		2030		2040		2050	
	Porcentaje	Cantidad	Porcentaje	Cantidad	Porcentaje	Cantidad	Porcentaje	Cantidad
Eléctrico	0,01%	256	10,02%	330.121	28,66%	1.181.600	49,88%	2.469.292
Híbrido	0,01%	302	0,94%	31.010	2,47%	101.626	4,76%	235.738
Híbrido enchufable	0,01%	169	3,88%	127.916	9,80%	403.963	19,05%	942.952
Diesel (Biodiesel después de 2040)	30,21%	745.125	18,65%	614.292	13,62%	561.293	5,38%	266.149
Gasolina (100% Etanol para el 2050)	69,22%	1.707.194	65,69%	2.164.094	43,05%	1.774.744	17,24%	853.249
GLP (Hidrógeno después de 2020)	0,54%	13.317	0,81%	26.838	2,40%	98.952	3,69%	182.705
TOTAL	100,00%	2.466.363	100,00%	3.294.271	100,00%	4.122.178	100,00%	4.950.085

Fuente: Elaborado por los autores a partir de los resultados del LEAP y del PNUMA³⁴⁶.

Como referencia, en las Perspectivas Energéticas para 2050 del VMME³⁴⁷, utilizando el programa informático Modelo de Análisis de la Demanda Energética con licencia de la Organización Internacional de la Energía Atómica (OIEA), se considera una penetración del 12% en 2025 y del 37% en 2050 de los vehículos eléctricos. En cuanto a los vehículos impulsados por hidrógeno, el VMME ha considerado una penetración del 10% entre 2040 y 2050 entre el transporte pesado y de larga distancia³⁴⁸.

Tabla 33: Emisiones de GEI en el sector del transporte para el escenario 3 por subsector (en miles de toneladas de CO₂e)

Sub-Sector	Año				
	2018	2023	2030	2040	2050
Tierra	6260,37	8150,27	6473,05	3670,15	880,38
Fluvial	22,88	23,02	23,51	27,05	29,46
Aerea	211,39	227,39	321,73	522,72	805,88
TOTAL	6494,64	8400,68	6818,29	4219,92	1715,72

Fuente: Preparado por los autores.

Además de la reducción de las emisiones de GEI, la implantación de vehículos eléctricos en Noruega contribuyó a mitigar la concentración de partículas y la contaminación atmosférica. Paraguay podría lograr mejoras similares en la calidad del aire al implementar el transporte eléctrico, ya que el país actualmente sufre de un PM_{2.5} de 12µg/m³ (33% más alto que el índice de calidad del aire promedio de Noruega en 2015)³⁴⁹. Sin estas implementaciones, se espera que las emisiones de PM_{2.5} superen las 98 mil toneladas en 2030³⁵⁰.

6.3.2.2 En construcción Marco legal y político para el transporte eléctrico

En marzo de 2021, tres proyectos de ley relacionados con los vehículos eléctricos estaban en estudio en el Congreso. Dos de estos proyectos de ley proponen modificaciones a la Ley N° 5183/2014, Ley de Incentivos a la Importación de Vehículos Eléctricos, ampliando la aplicación en el tiempo (cláusula de

³⁴⁶ FEPASA, “Proyecto: Tren De Cercania Para Pasajeros Entre Asunción E Ypacaraí”.

³⁴⁷ VMME, Estudio de Prospectiva Energética 2015–2050.

³⁴⁸ VMME, entrevista de los autores, noviembre de 2020.

³⁴⁹ “Paraguay General Health Risks: Contaminación del aire”, International Association for Medical Assistance to Travelers (IAMAT), IAMAT, última actualización 16 de abril de 2020, <https://www.iamat.org/country/paraguay/risk/air-pollution>.

³⁵⁰ José Sosa, Entregable 1.

caducidad 2024) e incluyendo los vehículos usados, además de los nuevos en el ámbito de los incentivos a los VE³⁵¹. Además, el segundo proyecto de ley va un paso más allá y propone un tope de cinco años para la edad útil de los vehículos usados en Paraguay, además de la creación de un marco legal para el transporte eléctrico³⁵².

Como alternativa, el tercer proyecto de ley presentado en 2019 propone una opción de intercambio de vehículos de motor de combustión fósil por VE. Propone eximir a los VE importados de los derechos de aduana y del impuesto sobre el valor añadido durante los primeros 10 años. Además, propone eximir a los VE del pago de la matrícula durante cinco años, tras los cuales el precio aumentaría progresivamente. Los usuarios de estos VE no tendrían que pagar por el aparcamiento en los municipios donde se encuentren. Para 2030, el proyecto de ley prevé que todos los vehículos ICE de los consumidores que participen en el programa sean cambiados por VE. Para 2040, la circulación de vehículos ICE cesaría en Paraguay³⁵³. En cuanto a las estaciones de recarga, el proyecto de ley exigiría al menos dos estaciones de recarga en cada ciudad con un mínimo de 60.000 habitantes, con al menos 20 estaciones en Asunción³⁵⁴.

6.3.2.3 *El caso económico*

Análisis del coche eléctrico

Un estudio de 2018³⁵⁵ afirma que el costo actual de los vehículos eléctricos es demasiado elevado para garantizar una amplia aceptación y adopción en la economía paraguaya. El estudio concluyó que el precio máximo de un VE en el mercado internacional tendría que descender a 4.000 dólares por encima del costo de los vehículos con motor de combustión interna comparables para ser considerado económicamente viable. Sin embargo, esta diferencia de precio depende de la distancia recorrida cada año. Por ejemplo, el estudio ha revelado que si se conduce la versión con motor de combustión interna del Kia Soul una media de 10.000 km al año, la versión con motor eléctrico del Kia Soul tiene un costo equivalente tras 16,9 años de conducción. Conducir los mismos vehículos a 60.000 km al año proporciona una equivalencia de costos después de sólo un año, lo que significa que para una conducción intensiva como la de los taxis, ya resulta económico utilizar los VE. Al mismo tiempo³⁵⁶, otro

³⁵¹ Congreso Nacional de la República de Paraguay, Proyecto de Ley “que modifica los artículos 1º y 2º de la Ley nº 4601/12 'de incentivos a la importación de vehículos eléctricos', modificada por la Ley nº 5183/14”, presentada por el Senador Enrique Salyn Buzarquis, de fecha 20 de Marzo 2019 (Sistema de Información Legislativa [SILPY], 2019), <http://silpy.congreso.gov.py/expediente/115641>.

³⁵² Congreso Nacional de la República de Paraguay, “Proyecto de Ley 'De Incentivos y promoción del transporte eléctrico en el Paraguay' presentado por el Senador Derlis Ariel Alejandro Osorio Nunez, 6 de octubre de 2020” (SILPY, 2020), <http://silpy.congreso.gov.py/expediente/122269>.

³⁵³ Congreso Nacional de la República de Paraguay, “Proyecto de Ley 'De Sustitución de los automóviles movidos a combustibles fósiles por automóviles eléctricos' presentado por el Senador Martin Arevalo” (SILPY, 2019), <http://silpy.congreso.gov.py/expediente/115558>.

³⁵⁴ ABC Color, “Buscan incentivar por ley uso de transporte eléctrico”, ABC, 30 de noviembre de 2020, <https://www.abc.com.py/nacionales/2020/11/30/buscan-incentivar-por-ley-uso-de-transporte-electrico>.

³⁵⁵ Romina Bertoni y Carlos Ayala, “Análisis Financiero Comparativo entre Adquirir un Vehículo Eléctrico y uno de Combustión para el Usuario en Paraguay” (San Pablo: ANDE and Unversidad Paraguayo Alemana, 2019), <https://www.scribd.com/document/474893444/ANALISIS-FINANCIERO-COMPARATIVO-ENTRE-ADQUIRIR-UN-VEHICULO-ELECTRICO-Y-UNO-DE-COMBUSTION-PARA-EL-USUARIO-EN-PARAGUAY>.

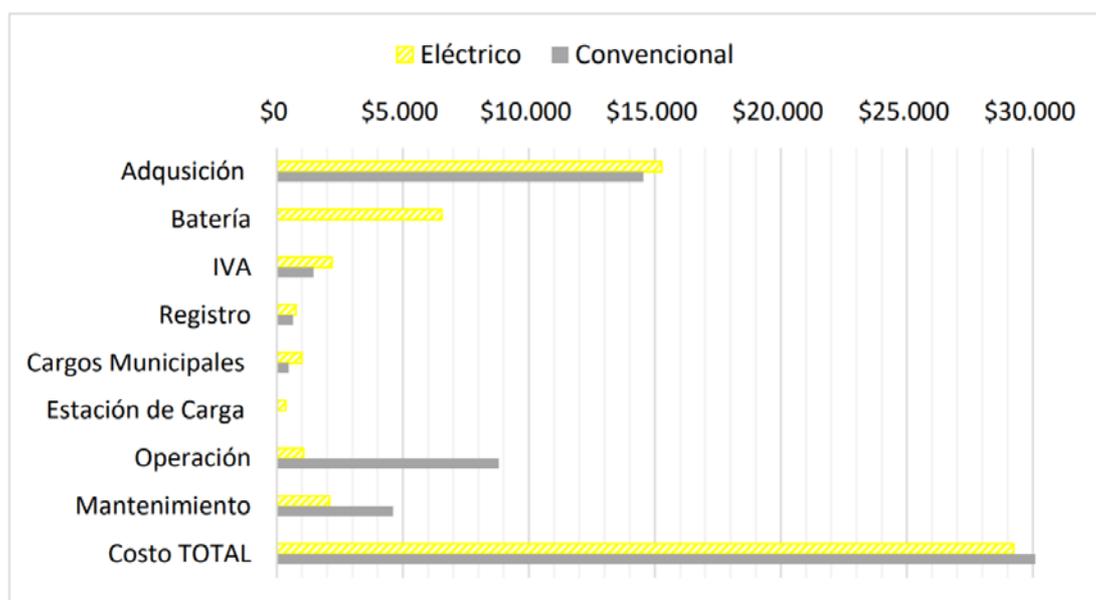
³⁵⁶ Bertoni y Ayala, “Análisis Financiero Comparativo entre Adquirir un Vehículo Eléctrico y uno de Combustión para el Usuario en Paraguay”.

estudio³⁵⁷ evaluó que, para 2030, la compra de una flota de automóviles gubernamentales totalmente eléctricos proporcionará una recuperación del costo inicial de la flota en tan solo 2,4 años.

Utilizando la herramienta de Costo Total de Propiedad, CRECE comparó el precio real de un ICE y un EV en el mercado paraguayo. Utilizando un VE BAIC EC200 (BAIC es una marca oficial utilizada para los vehículos comercializados en Paraguay) y un coche ICE, ambos vehículos hatchback de 2019, CRECE estimó una tasa de depreciación del 9%, una vida útil de 10 años y una media de 15.400 km de distancia recorrida anualmente. Para las estimaciones de combustible, CRECE utilizó los datos de PETROPAR para la fijación de precios de los combustibles fósiles y los precios eléctricos constantes basados en la categoría de consumo mayor de 1.000 kWh según las Tarifas Pliego n° 21 de marzo de 2017³⁵⁸. Una advertencia de este estudio es que no se han tenido en cuenta los valores de recuperación de los vehículos ICE y EV³⁵⁹.

Como resultado de este cálculo, el CRECE descubrió que el costo total de propiedad de un VE es 1.280 dólares menos que el de un vehículo ICE, como muestra Figura 46. El costo de la batería, que supone casi el 30% del costo total del VE, y la cantidad de distancia recorrida cada año son los factores más significativos para determinar la diferencia de costos entre los dos tipos de vehículos³⁶⁰.

Figura 47: Comparación del costo de los vehículos eléctricos y de los vehículos con motor de combustión interna en Paraguay



³⁵⁷ Matias Ramirez y Marco Quintana, Impacto de la Inserción de Vehículos Eléctricos en la Matriz Energética Nacional - Análisis con base en los Objetivos del Plan Nacional de Desarrollo 2030 (Asunción: La Universidad Nacional de Asunción, 2019), compartido por los actores locales.

³⁵⁸ PNUD, Informe Nacional sobre Desarrollo Humano. Paraguay 2020: Energía y Desarrollo Humano.

³⁵⁹ De hecho, los vehículos eléctricos tienen un valor de salvamento, aunque menor que el valor medio de salvamento de los vehículos con motor de combustión interna. Por ejemplo, después de 5 años de propiedad, el vehículo con motor de combustión interna se vende por el 37,1% de su precio de venta sugerido por el fabricante original (MSRP), mientras que un vehículo eléctrico con batería se vende por el 30,5% del MSRP.

Brandon Schoettle y Michael Sivak, "Resale Values of Electric and Conventional Vehicles: Recent Trends and Influence on the Decision to Purchase a New Vehicle" (Ann Arbor: Universidad de Michigan, 2018), <http://umich.edu/~umtriswt/PDF/SWT-2018-4.pdf>.

³⁶⁰ PNUD, Informe Nacional sobre Desarrollo Humano. Paraguay 2020: Energía y Desarrollo Humano.

Fuente: CRECE³⁶¹.

Según el Consejo Internacional de Transporte Limpio, el costo de un VE bajará un 31,5%, es decir, unos 12.000 dólares, entre 2017 y 2025. Para 2025, se espera que un VE, sin subvención, cueste solo 2.629 dólares más que un vehículo tradicional de gasolina, en particular por el ahorro que supone la continua caída del costo de las baterías, que ya se ha reducido un 89% en términos reales en los últimos diez años³⁶². En conjunto, entre coches, crossovers y SUV, la paridad de precios podría alcanzarse entre 2026 y 2027³⁶³.

Con respecto a la adopción de los VE, la variabilidad de las políticas y el activismo por parte del gobierno presenta una variedad de caminos para los VE. Según un estudio³⁶⁴ de 2017, existen tres vías de expansión en los próximos 100 años: 1) el caso base, 2) la transición del sector público y 3) el apoyo de la política energética. En cada una de ellas, el estudio intenta comprender el impacto de las campañas de publicidad pública para familiarizar a la población paraguaya con los VE. Utilizando la metodología de sistemas dinámicos y un proceso de análisis jerárquico, el estudio analizó la percepción de los VE de 400 conductores tanto de vehículos con motor de combustión interna como de VE. El caso base seleccionado es el de la situación actual, que sólo varía en función de los cambios en la percepción del mercado sobre los VE. El segundo escenario supone que la adopción completa de los VE por parte del sector público en su propia flota actuará como catalizador para aumentar la opinión popular sobre los VE y conducir a una adopción aún más rápida. El tercer escenario contempla las políticas públicas que incentivan la adopción social de los VE por parte de los consumidores potenciales.

En última instancia, con los incentivos fiscales de una reducción de precios del 30%, la eliminación de los impuestos sobre el valor añadido de los vehículos eléctricos, o ambos, es más que probable que se produzca el crecimiento potencial de los vehículos eléctricos, con una mejora del 6–10% en el número de ventas de vehículos eléctricos para 2040³⁶⁵.

En el Reino Unido se hizo un cálculo similar: un estudio con una subvención mínima a la compra en el mercado británico, el costo medio semanal de uso de un VE es alrededor de un 21% menor que el de un coche tradicional con motor de combustión interna³⁶⁶. En general, el costo de por vida de un VE resultó ser 1.500 libras esterlinas menos (Figura 47).

³⁶¹ Llamosas et al., Diagnóstico de la Movilidad Eléctrica en el Paraguay: Línea de Base Preliminar para la Transición Tecnológica.

³⁶² Nic Lutsey y Michael Nicholas, “Actualización de los costos de los vehículos eléctricos en Estados Unidos hasta 2030” (ICCT, 2019), https://theicct.org/sites/default/files/publications/EV_cost_2020_2030_20190401.pdf; Bloomberg New Energy Finance, “Battery Pack Prices cited Below \$100/KWh for the First Time in 2020, while Market Average Sits at \$137/KWh” (Bloomberg New Energy Finance, 2020), <https://about.bnef.com/blog/battery-pack-prices-cited-below-100-kwh-for-the-first-time-in-2020-while-market-average-sits-at-137-kwh>.

³⁶³ Lutsey y Nicholas, “Actualización de los costos de los vehículos eléctricos en Estados Unidos hasta 2030”.

³⁶⁴ Noelia Larre Gil, *Difusión del Vehículo Eléctrico en Asunción y Área Metropolitana: Un análisis basado en Dinámica de Sistemas* (Asunción: Facultad Politécnica de la Universidad Nacional de Asunción, 2017), compartido por los actores locales.

³⁶⁵ Larre Gil, *Difusión del Vehículo Eléctrico en Asunción y Área Metropolitana*.

³⁶⁶ Joshua S. Hill, “Lifetime Cost of Electric Cars Already Lower than Comparable ICE Vehicles”, *The Driven*, 23 de julio de 2020, <https://thedriven.io/2020/07/23/lifetime-cost-of-electric-cars-already-lower-than-comparable-ice-vehicles>.

Figura 48: Desglose de los costos asociados a los vehículos eléctricos y a los de combustión interna (en libras esterlinas), 2020

Tipo de gasto	Coche eléctrico	Coche de gasolina	Diferencia	% Diferencia
Costo inicial de la compra	27.921	22.976	4.945	22%
Combustible	343	824	(481)	-58%
Impuestos y mantenimiento	227	443	(216)	-49%
Seguros	1.172	938	234	25%
Costo total anual de funcionamiento	1.742	2.205	(463)	-21%
Costo total de la vida útil	52.133	53.625	(1.492)	-3%
Costo anualizado	3.751	3.858	(107)	-3%

Fuente: The Driven³⁶⁷.

Se prevé que la competitividad de los VE frente a los vehículos con motor de combustión interna llegue antes de lo que se hubiera esperado hace cinco años. Los principales fabricantes de automóviles (por ejemplo, BMW, Ford, GM, Toyota y Volkswagen) están fijando cada vez más objetivos públicos ambiciosos de producción y venta de vehículos eléctricos, lo que a su vez aumentará la competencia en el mercado de los vehículos eléctricos e impulsará los costos³⁶⁸.

Análisis del autobús eléctrico

Independientemente de la subvención, sustituir la flota de autobuses existente de 6.692 vehículos en Asunción por VE sigue siendo más barato a medio plazo que sustituirlos todos por autobuses diésel nuevos. Un estudio³⁶⁹ comparó los costos asociados a la explotación de autobuses eléctricos y diésel durante un periodo de diez años en Paraguay, cuyos supuestos se muestran en la Tabla 34.

Tabla 34: Supuestos del análisis original de autobuses ICE vs. EV

Artículo	Paraguay			
	EV	Unidad	ICE	Unidad
Costo del autobús	325.000	USD	110.000	
Eficiencia	1,74	kWh/milla	5,22	
Duración de la batería	5	años		
Batería nueva	77.378	USD		
Costo anual de la batería %.	5%			
Valor de recuperación del bateador	19.500	USD		
Costos de mantenimiento	0,048	USD/milla	0,216	USD/milla
Costo del gasóleo			2,80	USD/milla

³⁶⁷ Hill, "Lifetime Cost of Electric Cars Already Lower than Comparable ICE Vehicles".

³⁶⁸ Annie White, "Here are all the Promises Automakers have made About Electric Cars", *Car and Driver*, 26 de junio de 2021, <https://www.caranddriver.com/news/g35562831/ev-plans-automakers-timeline>.

³⁶⁹ A. González, "Análisis de impacto técnico, financiero y ambiental del cambio de flota de los autobuses de combustión interna a autobuses eléctricos, para el sector de transporte público" (Universidad Paraguayo Alemana, 2019), compartido por los actores locales.

Costo de la electricidad	0,021	USD/kWh		
Estación de carga		USD		USD
Mejora del patio de autobuses		USD		USD
Costo de la energía garantizada		USD		USD
Registro	5.099	USD	1.895	USD
Seguros e impuestos municipales	8.273	USD/año	3.890	USD/año
Vida útil	10			

Fuente: Análisis TCO de los autobuses en el área metropolitana³⁷⁰.

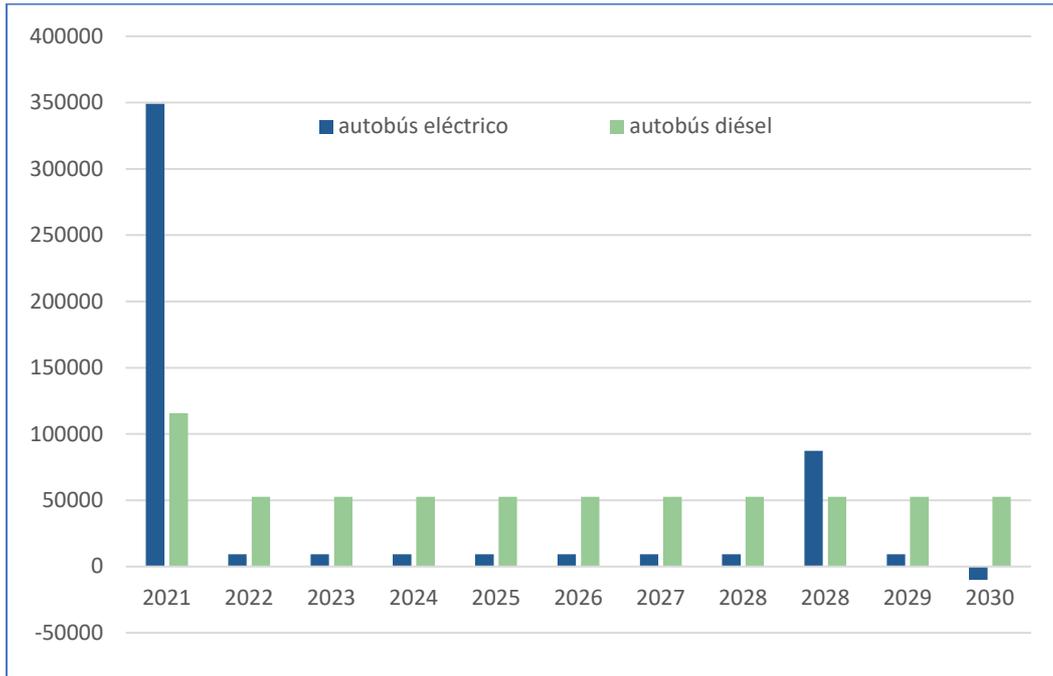
Los resultados iniciales de esta investigación sugieren que los autobuses eléctricos son más costosos en comparación con los autobuses diésel (si se observa el valor neto actual). Tras un periodo de 10 años, el estudio demostró que un autobús eléctrico típico con VE tendría un valor actual neto de 494.191 dólares, en comparación con un autobús típico con motor de combustión interna, cuyo valor actual neto es de 437.791 dólares.

Sin embargo, una serie de cambios específicos en los supuestos del estudio (ajustes en la duración de la batería, la matriculación y el seguro y los impuestos municipales) son suficientes para que los autobuses eléctricos sean más baratos que los autobuses con motor de combustión interna durante un periodo de 10 años en Asunción. Si se analizan de nuevo los datos teniendo en cuenta estos cambios, un autobús eléctrico resulta más viable económicamente que un autobús con motor de combustión interna al cabo de diez años. En la actualidad, los costos de matriculación, el seguro y los impuestos municipales de los vehículos en Paraguay se determinan como un porcentaje del valor inicial del propio vehículo, lo que los encarece en el caso de los VE. El análisis revisado los ajusta a tarifas planas comparables a las de un autobús con motor de combustión interna. El otro ajuste importante fue prolongar la vida de las baterías eléctricas en el estudio. Mientras que la vida original de la batería para el autobús EV se asumió en cinco años, esta es una vida muy conservadora corta ya que el fabricante de autobuses utilizado para la comparación de costos, Zhong Tong, proporciona una garantía de ocho años en sus baterías³⁷¹. Por lo tanto, la vida de la batería se ajustó a ocho años. La comparación de costos anuales resultante se muestra en la Figura 48.

³⁷⁰ González, “Análisis de impacto técnico, financiero y ambiental del cambio de flota de los autobuses de combustión interna a autobuses eléctricos, para el sector de transporte público”.

³⁷¹ Zebra, “Medellín – Rueda de Negocios – Resumen” (Medellín: Zebra, 2019), <https://theicct.org/sites/default/files/publications/ZEBRA%20Medellin%20Workshop%20Report.pdf>.

Figura 49: Costos anuales de un autobús eléctrico frente a un autobús ICE en Asunción en USD

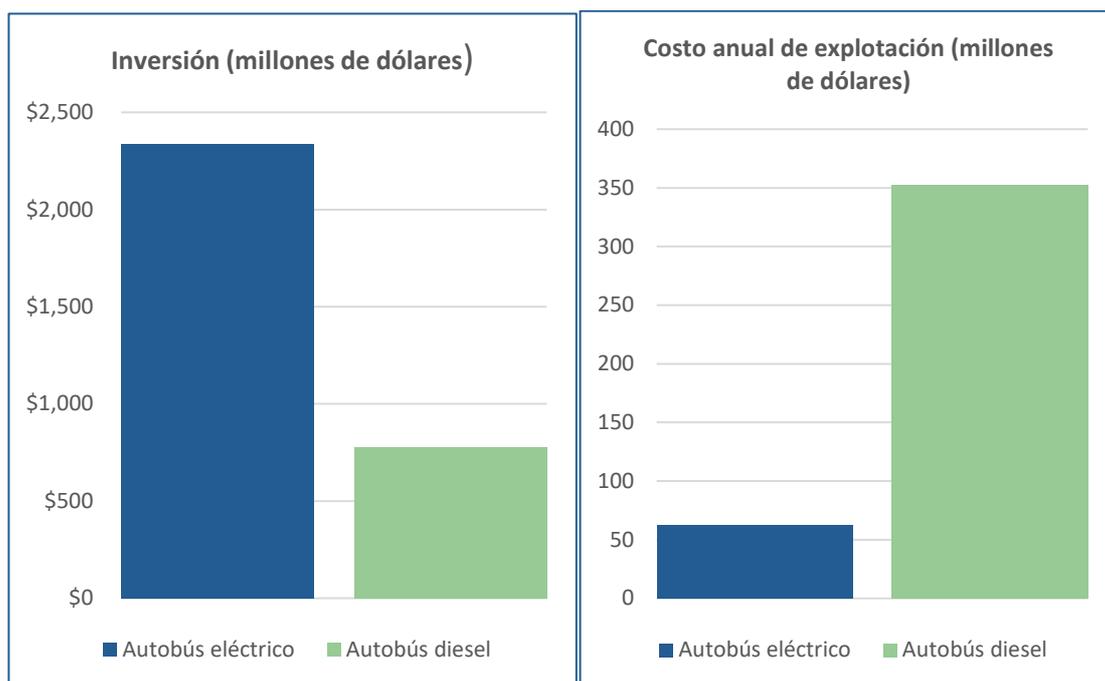


Fuente: Proporcionado por los autores a partir del análisis de TCO de los autobuses en el área metropolitana³⁷².

El análisis resultante concluye que los autobuses EV tienen un valor neto actual de 2.000 dólares menos que el de un autobús diésel comparable a lo largo de diez años. Estos resultados también sugieren que la sustitución de un autobús diésel por un autobús EV ahorrará aproximadamente 127,4 toneladas métricas de CO₂e al año. Si se incluyen los 6.692 autobuses de Asunción, se ahorrarían aproximadamente 14 millones de dólares a lo largo de diez años (según el valor actual neto) y 8,5 millones de toneladas métricas de CO₂e en emisiones durante el mismo periodo. La Figura 49 destaca la comparación del costo total de la inversión para la sustitución total de la flota en Asunción y la diferencia del costo operativo anual.

³⁷² González, “Análisis de impacto técnico, financiero y ambiental del cambio de flota de los autobuses de combustión interna a autobuses eléctricos, para el sector de transporte público”.

Figura 50: Comparación de los costos de inversión y explotación (valores actuales netos), Asunción (6692 autobuses)



Fuente: Proporcionado por los autores a partir del análisis de TCO de los autobuses en el área metropolitana³⁷³.

Se obtienen resultados similares al introducir los datos nacionales. Si se sustituyera toda la flota paraguaya de 9.637 autobuses, el valor actual neto total de la inversión a lo largo de diez años acumularía un ahorro de 20 millones de dólares (que es la diferencia de un total de 4.200 millones de dólares para los nuevos autobuses eléctricos y de 4.220 millones de dólares para los nuevos autobuses diésel), así como un ahorro de aproximadamente 12,2 millones de toneladas métricas de emisiones de CO₂e durante el mismo periodo. A pesar del mayor costo de capital de la flota eléctrica, un costo operativo mucho menor haría que el sistema de autobuses eléctricos fuera más rentable al final de los diez años de vida útil. Es importante señalar que esta rentabilidad está supeditada a la igualdad de los impuestos municipales, el seguro y la matriculación, así como a la garantía de una duración mínima de las baterías de ocho años. Además, con un sistema de transporte público que funcione bien y sea puntual, es probable que aumente la demanda de estos servicios, lo que reducirá aún más la necesidad de importar el costoso combustible.

Además, el gobierno fue contactado por el BID para trabajar en un proyecto de transporte público basado en el modelo de Chile, que utiliza autobuses 100% eléctricos en todo el país, pero el progreso está estancado en ese frente³⁷⁴. El programa de préstamos y garantías en condiciones favorables del BID para autobuses eléctricos, que se movilizó para Chile, podría ser útil para Paraguay³⁷⁵. Además, el gobierno está en conversaciones con Corea del Sur para desarrollar un Centro de Tecnología Aplicada,

³⁷³ González, “Análisis de impacto técnico, financiero y ambiental del cambio de flota de los autobuses de combustión interna a autobuses eléctricos, para el sector de transporte público”.

³⁷⁴ “RG-T3078: Acelerar la implementación de las NDC. Unlocking Clean Buses in LAC”, BID Proyectos, BID, <https://www.iadb.org/en/project/RG-T3078>.

³⁷⁵ “RG-T3078: Acelerar la implementación de las NDC. Unlocking Clean Buses in LAC”, BID Proyectos.

un centro tecnológico que el gobierno espera que estimule la I+D en la electrificación del transporte. El centro se está planificando actualmente en colaboración con Itaipú³⁷⁶.

Beneficios para la red eléctrica

Dado que la generación de electricidad de Paraguay supera ampliamente su consumo, las condiciones son ideales para un aumento significativo del tamaño de la flota nacional de vehículos eléctricos. De hecho, como los VE funcionan con baterías de carga de la red, el momento del periodo de carga podría mejorar mucho la eficiencia. Como se ha comentado en los capítulos 2 y 3, el sistema eléctrico paraguayo funciona utilizando grandes bloques de electricidad en cualquier momento para satisfacer la demanda máxima, lo que hace que se desperdicie la electricidad durante las horas de menor consumo. Programar la carga de una flota de vehículos eléctricos cada vez mayor para estas liberaciones durante las horas valle mejoraría la eficiencia del sistema al utilizar más de esta energía en lugar de desperdiciarla³⁷⁷.

Un estudio simula esta carga masiva de VE en Asunción durante las horas valle y las horas punta para estudiar los efectos en la red. Los resultados mostraron que cuando los coches se cargaban durante las horas valle, se producía una respuesta positiva en el sistema eléctrico y el factor de carga aumentaba significativamente. En cambio, la carga de coches en horas punta sobrecargaba el sistema y la red de distribución se colapsaba³⁷⁸. Del mismo modo, el VMME estima un aumento del factor de carga del sistema de la ANDE hasta el 62% en 2030, frente al 56% actual, como resultado del crecimiento de la carga de los vehículos eléctricos³⁷⁹. Para evitarlo, la ANDE debería considerar la posibilidad de programar los periodos de carga de los VE a lo largo del día para optimizar la red eléctrica³⁸⁰.

Este pensamiento también debería llevar a la ANDE a prever sistemas Vehicle-to-Grid (V2G) que permitan a las baterías de los vehículos “desempeñar un papel importante en el equilibrio de la demanda y la oferta de energía y que conduzcan a un flujo de energía bidireccional entre un vehículo y la red eléctrica”^{381,382}.

6.3.2.4 La industrialización en torno al transporte eléctrico

La Ley N° 5882/2017 proporciona un marco para la eliminación y reutilización de las baterías usadas en el país, que contiene restricciones y obligaciones para los productores de baterías en la industria y el sector comercial, restricciones sobre la eliminación de las baterías y los residuos para los consumidores, y la aplicación de políticas de recogida y uso seguro de las baterías para los municipios. Esta

³⁷⁶ REDIEX, “Guía de Inversiones en Paraguay 2019–2020” (REDIEX, 2020), http://www.rediex.gov.py/wp-content/uploads/2020/10/GUIA-INVERSIONES-INGLES_BAJA.pdf.

³⁷⁷ PNUD, Informe Nacional sobre Desarrollo Humano. Paraguay 2020: Energía y Desarrollo Humano.

³⁷⁸ Victorio Oxilia, Daniel Festner, Estela Riveros y Michel Galeano, *Diagnóstico del uso energético del H2 para el sector de transporte en el Paraguay* (CRECE, 2020), compartido por los actores locales.

³⁷⁹ VMME, entrevista de los autores, octubre de 2020.

³⁸⁰ PNUD, Informe Nacional sobre Desarrollo Humano. Paraguay 2020: Energía y Desarrollo Humano.

³⁸¹ GlobalData Energy, “Los proveedores de energía se preguntan, ¿qué pueden hacer los planes de VE por nosotros?” *Power Technology*, 25 de octubre de 2019, <https://www.power-technology.com/comment/energy-suppliers-are-asking-what-can-ev-schemes-do-for-us>.

³⁸² “Iberdrola firmará un acuerdo global con Nissan para promover los coches eléctricos”, *El Rincón*, 3 de enero de 2019, <https://thecorner.eu/financiamarkets/iberdrola-will-sign-a-global-agreement-with-nissan-to-promote-electric-cars/77533>.

ley podría ampliarse para incluir las baterías de los vehículos eléctricos, lo que permitiría a Paraguay estar a la vanguardia de la economía circular de las baterías de los vehículos eléctricos.

También se argumenta cada vez más sobre el aprovechamiento de la enorme y barata energía limpia de Paraguay para desarrollar una industria de fabricación de baterías. Para Sauer y otros, Bolivia y Paraguay son economías catalizadoras perfectas para el desarrollo del sector del transporte eléctrico debido a las grandes reservas de litio de Bolivia, un elemento crítico para la moderna tecnología de las baterías de iones de litio, y a las enormes cantidades de energía hidroeléctrica relativamente barata de Paraguay. Dada la disponibilidad de estos recursos en cada país, Sauer y otros proponen crear una industria nacional de baterías de iones de litio en Bolivia para aprovechar los recursos naturales. A su vez, el desarrollo de una industria automovilística nacional en Paraguay capitalizaría el exceso de electricidad de la red. A partir de este estudio, se estimó que se podrían fabricar 40.000 vehículos eléctricos al año. En un periodo de diez años, la producción de 400.000 vehículos eléctricos compensaría la de 250.000 vehículos diésel y 150.000 vehículos de gasolina. El beneficio directo de esta transición es un ahorro de 995,7 millones de dólares de la importación de combustibles fósiles para Paraguay y de 1.370 millones de dólares para Bolivia (medido en valor actual neto en diez años)³⁸³.

Otro informe sobre el potencial de producción de baterías de iones de litio ve a Paraguay como el país que integra los recursos naturales de litio, grafito y aluminio en las baterías. En este escenario, el bajo precio de la electricidad en Paraguay sería el catalizador que llevaría el costo de producción de las baterías eléctricas a un nivel competitivo con los motores de combustión interna, 150 USD/kWh. La oferta sugerida en este informe contempla que Paraguay utilice recursos de cobre y litio de Bolivia y Chile, y recursos de grafito y aluminio de Brasil en las propias instalaciones de producción nacionales de Paraguay. Una vez completadas, las baterías se enviarían para su integración en la industria del automóvil en Brasil. Paraguay podría entonces estar en una posición única para participar en una industria en crecimiento³⁸⁴.

El 11 de febrero de 2020, esta oportunidad de crear un centro regional para la fabricación de automóviles estuvo un paso más cerca de hacerse realidad. Brasil y Paraguay firmaron un acuerdo “que permite el libre comercio de autopartes entre los dos países y el acceso preferencial al mercado brasileño para los fabricantes paraguayos, incluyendo las maquilas”³⁸⁵. El acuerdo también promueve el desarrollo de vehículos con motores de combustibles alternativos, incluyendo eléctricos, híbridos y de hidrógeno³⁸⁶.

6.3.3 Producción ecológica de hidrógeno

El caso del hidrógeno verde

³⁸³ Ildo L. Sauer, Javier F. Escobar, Mauro F.P. da Silva, Carlos G. Meza, Carlos Centurión y José Goldemberg, “Bolivia y Paraguay: ¿un faro para la movilidad eléctrica sostenible?” *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 51 (julio de 2015): 910–925, <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.06.038>.

³⁸⁴ Emily Davenport, Christine Folch y Connor Vasu, *Represa de Itaipú: Paraguay's Growth Potential* (Charlotte: Duke Energy, 2018), <https://itaipupost2023.files.wordpress.com/2018/06/white-paper-final-draft-itaipu-paraguays-growth-potential2.pdf>.

³⁸⁵ “LatinNews Daily – 12 February 2020: In brief: Paraguay and Brazil sign automotive deal”, *Latin News*, 12 de febrero de 2020, <https://www.latinnews.com/component/k2/item/83188-in-brief-paraguay-and-brazil-sign-automotive-deal.html>.

³⁸⁶ REDIEX, “Guía de Inversiones en Paraguay 2019–2020”

Hay un potencial creciente para producir hidrógeno verde en Paraguay, que podría servir a las necesidades de transporte de descarbonización después de 2030, como lo demuestra el modelo LEAP en el capítulo 1). A nivel mundial, se produjeron 70 millones de toneladas métricas de hidrógeno en 2019³⁸⁷. La producción en América Central y del Sur ascendió a 4 millones de toneladas métricas en 2016, alrededor del 7,7% de la producción mundial. Las proyecciones prevén un aumento a 11 millones para 2025 con una tasa de crecimiento anual compuesta del 11%³⁸⁸.

El hidrógeno puede obtenerse de diversas fuentes. El reformado de gas natural (metano) mediante vapor representa la mayor parte del hidrógeno producido en el mundo. Para la descarbonización, el hidrógeno verde –es decir, el que procede de las energías renovables– es la opción óptima para un tipo de combustible alternativo. La electrólisis (la separación de las moléculas de agua en hidrógeno y oxígeno) es el proceso más común para obtener hidrógeno verde. Por lo tanto, la ventaja de cualquier país que sea proveedor de energía eléctrica basada en renovables es la capacidad de utilizar el exceso de energía para crear hidrógeno verde para el sector del transporte, una relación que se destaca en verde en Figura 50.

Figura 51: Esquema de integración del hidrógeno



Fuente: Gobierno de Paraguay³⁸⁹.

En general, en el sector del transporte se utilizan dos tecnologías para el hidrógeno: 1) el gas hidrógeno comprimido a 350 bares, que utilizan los autobuses y los vehículos pesados, y 2) el gas menos presurizado a 700 bares, que suelen utilizar los vehículos más ligeros. En teoría, las gasolineras pueden instalar surtidores de gas hidrógeno con dos bombas diferentes para los dos tipos de hidrógeno necesarios. Así, el hidrógeno verde es una fuente de combustible fácilmente accesible para todos los tipos y tamaños de transporte³⁹⁰.

En términos de comparación energética, el proceso de electrólisis para producir hidrógeno verde requiere unos 55,7 kWh de electricidad para producir 1 kg de gas hidrógeno. Sin embargo, 1 kg de gas

³⁸⁷ AIE, “El futuro del hidrógeno” (AIE, 2019), <https://www.iea.org/reports/the-future-of-hydrogen>.

³⁸⁸ VMME et al., *Hacia la Ruta del Hidrógeno Verde en Paraguay: Propuesta de Innovación*.

³⁸⁹ VMME et al., *Hacia la Ruta del Hidrógeno Verde en Paraguay: Propuesta de Innovación*.

³⁹⁰ “Physical Hydrogen Storage”, Oficina de Eficiencia Energética y Energías Renovables, Departamento de Energía de Estados Unidos, 2021, <https://www.energy.gov/eere/fuelcells/physical-hydrogen-storage>.

hidrógeno tiene una densidad energética casi tres veces superior a la del gasóleo o la gasolina. Así, mientras que 1 kg de gas hidrógeno equivale a 33,6 kWh de energía eléctrica, el gasóleo sólo tiene entre 12 y 14 kWh. En resumen, 1 kg de gas de hidrógeno utilizado en una pila de combustible es aproximadamente lo mismo que un galón de gasóleo si se compara la producción de energía, con la tecnología actual (la eficiencia podría mejorar en el futuro)³⁹¹. IRENA prevé que en 2030 el hidrógeno verde será competitivo con el hidrógeno azul (fabricado a partir de combustibles fósiles) y que el costo será inferior a 1,5 dólares por kg en 2050³⁹².

Teniendo en cuenta el costo estimado para producir 1 kg de hidrógeno gaseoso, las variables son relativamente pesadas en cuanto a costos de capital. Por ejemplo, el costo de la tecnología necesaria para purificar el agua antes de la electrólisis oscila entre 1.570 y 2.095 dólares por metro cúbico y día. Además, el almacenamiento del hidrógeno gaseoso una vez producido tiene un costo de capital de 4.070 dólares por kg para un almacenamiento a 700 bares de presión. Sin embargo, si se excluyen los gastos de capital, los costos por unidad se sitúan en torno a los 3,0 y 5,4 dólares por kg, dependiendo del funcionamiento y el mantenimiento de las instalaciones de almacenamiento³⁹³.

El hidrógeno verde en la descarbonización de Paraguay

Con la actual falta de infraestructura disponible para el transporte de hidrógeno en Paraguay, el avance del hidrógeno como fuente de combustible en el país requerirá un nivel de inversión mucho mayor en un futuro próximo. Además, actualmente no existe un marco legal para el hidrógeno que pueda facilitar su introducción. Sin embargo, el Gobierno de Paraguay, en colaboración con el BID, está trabajando para cambiar esta situación. Haciendo pública una hoja de ruta para incorporar el gas hidrógeno en el país, el Gobierno de Paraguay diseñó un plan en dos etapas³⁹⁴.

El primer paso consiste en dar a conocer el potencial del hidrógeno, modernizar la infraestructura de transporte terrestre para el desarrollo de la cadena de suministro y mejorar la balanza de pagos para que Paraguay pueda utilizar sus propios recursos energéticos. Para llevar a cabo estas tareas, el plan propone la creación de un foro de expertos y líderes del país para debatir las formas concretas de alcanzar estos objetivos. En línea con la Política Energética Nacional 2040 del país, este foro y su agenda impulsarían el establecimiento del marco regulatorio necesario para que el hidrógeno verde como industria crezca y se desarrolle en Paraguay³⁹⁵.

La agencia ejecutiva propuesta, el Parque Tecnológico de Itaipú, tendría capacidad directa para trabajar en conjunto con el VMME como forma de supervisar la creación de un comité directivo. Este comité directivo, evolución del mencionado foro, reuniría a actores clave como PETROPAR y ANDE para supervisar la creación y eventual aprobación de leyes específicas de hidrógeno verde³⁹⁶.

³⁹¹ Patrick Molloy, “Run On Less With Hydrogen Fuel Cells”, *Rocky Mountain Institute (RMI)*, 2 de octubre de 2019, <https://rmi.org/run-on-less-with-hydrogen-fuel-cells>.

³⁹² IRENA, *World Energy Transitions Outlook: 1.5 Degrees C Pathway* (Abu Dhabi: IRENA, 2021), https://irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2021/March/IRENA_World_Energy_Transitions_Outlook_2021.pdf.

³⁹³ VMME et al., *Hacia la Ruta del Hidrógeno Verde en Paraguay: Propuesta de Innovación*.

³⁹⁴ VMME et al., *Hacia la Ruta del Hidrógeno Verde en Paraguay: Propuesta de Innovación*.

³⁹⁵ VMME et al., *Hacia la Ruta del Hidrógeno Verde en Paraguay: Propuesta de Innovación*.

³⁹⁶ VMME et al., *Hacia la Ruta del Hidrógeno Verde en Paraguay: Propuesta de Innovación*.

El segundo paso del plan consiste en un proyecto piloto para demostrar el potencial del hidrógeno verde en Paraguay. Utilizando las rutas más transitadas entre Asunción y Ciudad del Este, Ciudad del Este y Encarnación, y Asunción y Encarnación, el programa piloto crearía la infraestructura necesaria para el hidrógeno verde a pequeña escala. En la fase 1, el proyecto establecería un puerto de tamaño medio y otro de tamaño pequeño desde los que una flota de vehículos podría repostar hidrógeno. Esta flota incluiría tanto vehículos ligeros como estaciones de bombeo para vehículos pesados. Esta primera muestra piloto está prevista en las inmediaciones de una planta industrial de PETROPAR en Villa Elisa, dada su proximidad tanto a grandes vías terrestres como a un puerto fluvial. La fase 2 consistiría en la ampliación de dos instalaciones a una en cada una de las ciudades situadas en las rutas más transitadas anteriormente y en el aumento del número de vehículos impulsados por hidrógeno. La fase 3 implicaría el aumento modular de la producción de hidrógeno, así como del número de vehículos impulsados por hidrógeno en Paraguay³⁹⁷.

En total, se espera que este estudio piloto tenga un costo de 12 millones de dólares en términos de costo material, con 7,8 millones de dólares asignados para el primer paso del proyecto relacionado con la expansión económica y la inversión general en infraestructura y cadena de suministro³⁹⁸. El hidrógeno verde, tal y como está planteado en Paraguay, prioriza la implementación en el sector del transporte más que en el espacio industrial en este momento.

Ventajas del hidrógeno en Paraguay

El desarrollo del hidrógeno verde en Paraguay se apoya en cuatro ventajas principales.

La primera ventaja, la abundancia de energía hidroeléctrica, significa que habría una consistencia en la formación de precios para la generación de hidrógeno mediante procesos de electrólisis. Como se necesita energía constante para la generación de hidrógeno verde, un suministro de energía abundante garantizado hace que la inversión en infraestructura de hidrógeno verde sea menos arriesgada.

La segunda ventaja, el exceso de energía eléctrica en determinados momentos del día, crea una oportunidad de costo solar por la que la energía que normalmente no se utilizaría puede destinarse a crear hidrógeno verde como fuente de combustible. A estos momentos de exceso de energía, que se producen durante las horas valle, principalmente por la mañana, se unen unas tarifas eléctricas muy bajas. Aunque el mismo argumento se utiliza para la recarga de vehículos eléctricos (véase la sección anterior), podría ser más fácil de conseguir para la producción de hidrógeno verde, ya que sería más fácil de regular. Si las estaciones de recarga de los vehículos eléctricos son privadas, la imposición de su recarga en las horas de menor consumo podría requerir mayores esfuerzos de regulación.

La tercera ventaja, la posición de centro geográfico regional, hace de Paraguay el centro ideal para el potencial energético del hidrógeno. Las infraestructuras de transporte y un mercado interno desarrollado, junto con el acceso de Paraguay a las principales vías fluviales de Sudamérica, ayudarían a exportar hidrógeno verde a los mercados regionales y mundiales³⁹⁹.

³⁹⁷ VMME et al., *Hacia la Ruta del Hidrógeno Verde en Paraguay: Propuesta de Innovación*.

³⁹⁸ VMME et al., *Hacia la Ruta del Hidrógeno Verde en Paraguay: Propuesta de Innovación*.

³⁹⁹ BID y CRECE, "Lineamientos para la elaboración de una estrategia nacional" (BID, 2020), compartida por los actores locales.

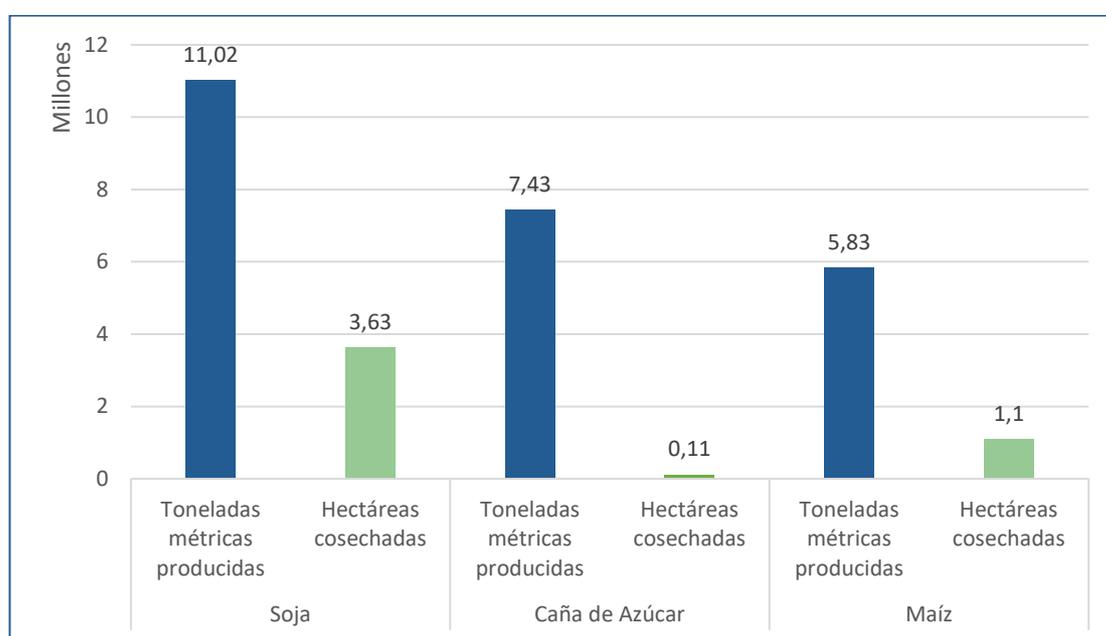
La cuarta ventaja es que, como fuente de combustible y materia prima, el hidrógeno verde podría convertirse en la solución más rentable y baja en carbono para sustituir el consumo insostenible de biomasa en la industria del acero y el cemento (véase el capítulo 5).

6.3.4 Producción de biocombustibles

Los biocombustibles en la descarbonización de Paraguay

Paraguay tiene un gran potencial para desarrollar biocombustibles, producidos mediante la conversión de biomasa en combustibles líquidos. Los tres cultivos más importantes del país en cuanto a producción –soja, caña de azúcar y maíz– pueden utilizarse como materia prima para la producción de biocombustibles, concretamente biodiésel y etanol.

Figura 52: Principales cultivos de Paraguay: Producción y superficie cosechada, 2019/2020



Fuente: Elaboración propia a partir del MAG (1 de julio de 2019–30 de junio de 2020)⁴⁰⁰.

A nivel mundial, Paraguay es el sexto productor de soja⁴⁰¹, con una producción de aproximadamente 11,02 millones de toneladas métricas en la campaña agrícola 2019/2020 de una superficie cosechada de 3,63 millones de hectáreas⁴⁰². A título ilustrativo, si toda la soja producida en Paraguay en esa campaña agrícola se hubiera utilizado para producir biodiésel –el producto biocombustible del aceite de soja– el país podría haber producido aproximadamente 2.290 millones de litros de biodiésel⁴⁰³. Sin

⁴⁰⁰ Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG), *Síntesis Estadísticas: Año Agrícola 2019/2020* (Asunción: MAG, 2020), <http://www.mag.gov.py/Censo/SINTESIS%20ESTADISTICAS%202019-2020.pdf>.

⁴⁰¹ “Crops and Livestock Products”, FAOSTAT, FAO, última actualización 15 de septiembre de 2021, <http://www.fao.org/faostat/en/?#data/OCL>.

⁴⁰² MAG, *Síntesis Estadísticas: Año Agrícola 2019/2020*.

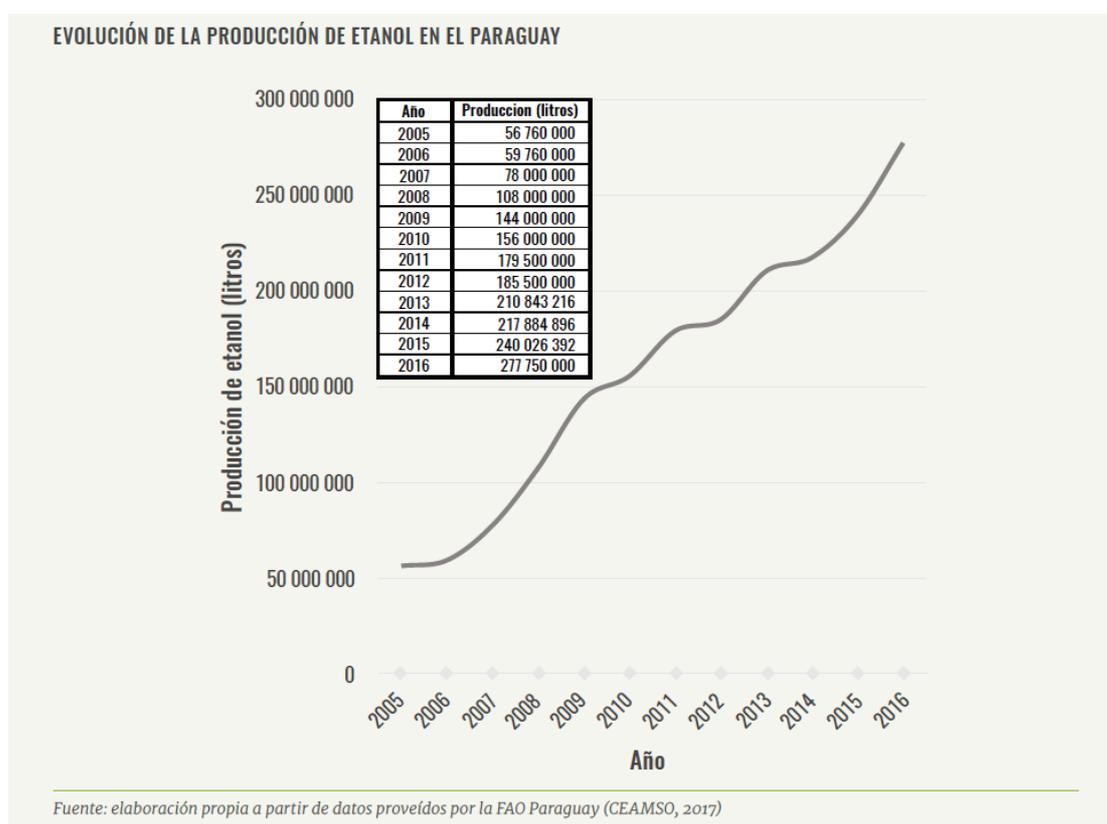
⁴⁰³ Hay 36,74 bushels de soja por tonelada métrica y un bushel de soja puede producir 1,5 galones de biodiésel.

“Soybeans”, Universidad de Nebraska–Lincoln: Instituto de Agricultura y Recursos Naturales, Universidad de Nebraska–Lincoln, <https://cropwatch.unl.edu/bioenergy/soybeans#:~:text=One%20bushel%20of%20soybeans%20can,produce%205.1%20billion%20gallons%20biofuel>.

embargo, la mayor parte de la producción de soja de Paraguay se exporta –más del 63% en la campaña⁴⁰⁴ 2019/2020–, lo que convierte al país en el cuarto mayor exportador de aceite de soja⁴⁰⁵, pero no en un gran productor de biodiésel a partir de aceite de soja. En 2015, el biodiésel producido a partir de fuentes vegetales o de otro tipo representó solo el 0,2% del consumo de energía primaria de Paraguay⁴⁰⁶. El Gobierno de Paraguay podría considerar la posibilidad de establecer políticas para fomentar el uso de más aceite de soja para la producción nacional de biodiésel en lugar de exportar la mayor parte de la producción de soja y aceite de soja del país.

El segundo cultivo de Paraguay es la caña de azúcar, con 7,43 millones de toneladas métricas producidas en 2019/2020, y el tercero es el maíz, con 5,83 millones de toneladas métricas producidas en el mismo periodo. Tanto la caña de azúcar⁴⁰⁷ como el maíz se utilizan a gran escala para producir bioetanol en Paraguay. De 56,76 millones de litros de bioetanol producidos en 2005, la producción paraguaya se quintuplicó hasta alcanzar los 277,76 millones de litros en 2016 (ver Figura 52), de los cuales se estima que 122,55 millones de litros (44,12%) se produjeron a partir de unos 1,88 millones de toneladas métricas de caña de azúcar, y 155,2 millones de litros (55,88%) a partir de unos 0,44 millones de toneladas métricas de maíz⁴⁰⁸.

Figura 53: Evolución de la producción de bioetanol en Paraguay, 2005–2016



⁴⁰⁴ “Uso de la Soja”, CAPECO, CAPECO, <https://capeco.org.py/uso-de-la-soja-es>.

⁴⁰⁵ Laura Villadiego y Nazaret Castro, “Soja: ¿la nueva palma de los biocombustibles?” (Ecologistas en Acción, 2020), <https://www.ecologistasenaccion.org/wp-content/uploads/2020/06/informe-soja.pdf>.

⁴⁰⁶ Pierelli y Rossi, “Sostenibilidad de la biomasa forestal para energía y del etanol de maíz y caña de azúcar en Paraguay”, 266.

⁴⁰⁷ MAG, Síntesis Estadísticas: Año Agrícola 2019/2020.

⁴⁰⁸ Una tonelada de caña de azúcar puede producir 65 litros de bioetanol, y una tonelada de maíz puede producir 350 litros de bioetanol. Pierelli y Rossi, “Sostenibilidad de la Biomasa Forestal para Energía y del Etanol de Maíz y Caña de Azúcar en Paraguay”, 147, 149, 150, 154.

Fuente: FAO⁴⁰⁹.

Los datos más recientes puestos a disposición por el Ministerio de Industria y Comercio de Paraguay indican que la producción de bioetanol sigue aumentando en el país, con el maíz ganando importancia como materia prima dominante. El bioetanol vendido en Paraguay de enero a noviembre de 2020 superó los 461,17 millones de litros, de los cuales el 19% se produjo a partir de caña de azúcar y el 81% a partir de maíz. Aproximadamente un tercio del bioetanol vendido en el período se exportó y dos tercios se vendieron dentro del país⁴¹⁰.

El maíz utilizado para el bioetanol (*maíz entre zafra*) se produce en un sistema de rotación con la soja y el trigo; el uso del maíz como complemento de la caña de azúcar, tradicionalmente la principal materia prima, permite que las plantas de destilación funcionen durante todo el año, incluso en los cuatro meses en que la caña no está disponible⁴¹¹. De las 12 plantas de bioetanol en Paraguay, 9 permiten el uso de caña de azúcar o granos como materia prima, y 3 sólo de caña de azúcar⁴¹².

En Paraguay existe un marco legal para apoyar la producción y el consumo de bioetanol y biodiésel, que incluye las siguientes leyes y decretos⁴¹³:

- La Ley 2748/2005 define tanto el bioetanol como el biodiésel como biocombustibles y prevé su mezcla con la gasolina y otros combustibles líquidos, y los Decretos 7412/2006 y 4952/2010 regulan la aplicación de la ley y la producción y consumo de biocombustibles y sus materias primas. Estos instrumentos legales requieren que los proyectos de biocombustibles obtengan un permiso ambiental de la Secretaría de Medio Ambiente, y una certificación de las materias primas del MAG; también crean incentivos financieros para los productores y distribuidores, y establecen directrices técnicas para la producción de bioetanol y su mezcla con gasolina.
- El Decreto 12.240/2008 redujo a 0% tanto la tasa del Impuesto Selectivo al Consumo sobre el bioetanol como los derechos de importación de los vehículos Flex Fuel, y la Resolución 280/2008 obliga a los fabricantes de automóviles a presentar un certificado técnico para esos vehículos antes de su exportación a Paraguay.
- Según el Decreto 3667/2009, el bioetanol y el biodiésel están sujetos a una tasa del 2% del Impuesto al Valor Agregado, pero el Dictamen DEINT 34/2018 exime actualmente al bioetanol del impuesto.
- El Decreto N° 10703/2013 reglamenta la Ley N° 2748/05, reconfirmando el porcentaje mínimo de mezcla del 1% de biodiésel en el gasóleo fósil, y creando una unidad institucional para el seguimiento de los precios del biodiésel y el establecimiento de un precio de referencia.

⁴⁰⁹ Pirelli y Rossi, “Sostenibilidad de la Biomasa Forestal para Energía y del Etanol de Maíz y Caña de Azúcar en Paraguay”, 152.

⁴¹⁰ Ministerio de Industria y Comercio (MIC), *Boletín Semanal*, edición 41 (MIC, 2020), 12, https://www.mic.gov.py/mic/w/pdf/boletines_mic/Boletin_MIC_N41-2020.pdf.

⁴¹¹ Pirelli y Rossi, “Sostenibilidad de la Biomasa Forestal para Energía y del Etanol de Maíz y Caña de Azúcar en Paraguay”, 57, 152, 154, 157.

⁴¹² Pirelli y Rossi, “Sostenibilidad de la Biomasa Forestal para Energía y del Etanol de Maíz y Caña de Azúcar en Paraguay”, 296–297.

⁴¹³ Pirelli y Rossi, “Sostenibilidad de la Biomasa Forestal para Energía y del Etanol de Maíz y Caña de Azúcar en Paraguay”, 25–26.

- La Ley 5444/2015 promueve el consumo de bioetanol, determinando que la caña de azúcar sea utilizada como materia prima prioritaria para su producción.
- La Ley 4729/2015 declaró de interés nacional a la jatropa, una familia de árboles con flores que producen frutos secos. La planta tiene una capacidad de producción de biocombustible muy importante y crece en suelo degradado. Sin embargo, los estudios realizados durante una década sobre el cultivo de jatropa siguen sin ser concluyentes y la investigación podría renovarse provechosamente.

El aumento de la producción de materias primas impulsado por la creciente demanda de biocombustibles podría agravar las presiones sobre el medio ambiente y plantear problemas de sostenibilidad, incluidas las preocupaciones por la seguridad alimentaria.⁴¹⁴ Desde la década de 1960, los paisajes naturales de Paraguay se han convertido cada vez más en zonas para la agricultura de subsistencia, la producción mecanizada de cereales a gran escala y los pastos para el ganado, lo que ha provocado la pérdida de la vegetación autóctona, la reducción de la biodiversidad y el deterioro de los suelos.⁴¹⁵ Por ejemplo, los estudios indican que la eliminación de la vegetación natural para la producción de biocombustibles podría liberar hasta 17 veces más dióxido de carbono que las emisiones de los combustibles fósiles que se evitan con esos biocombustibles, y que los objetivos de descarbonización se cumplirían mejor con el secuestro de carbono a través de la conservación y restauración de los bosques que con la producción de biocombustibles.⁴¹⁶ Si bien la expansión de la frontera agrícola –incluida, en gran parte, la producción de soja– es un factor que impulsa la deforestación y la degradación ambiental en Paraguay, se necesitan estudios de campo más detallados para comprender mejor las causas fundamentales de los cambios en el uso del suelo, y el papel actual y potencial de la producción de caña de azúcar y maíz para biocombustibles en estos cambios.⁴¹⁷

Desarrollo actual de los biocombustibles

En Paraguay se están llevando a cabo dos desarrollos en el sector de los biocombustibles. El primer gran desarrollo es la planta de biocombustibles Omega Green, que se convertirá en una de las instalaciones de biocombustibles más avanzadas del hemisferio sur construida por el grupo brasileño BCE. A principios de 2020, el Gobierno de Paraguay concedió un “régimen de zona franca” para el proyecto, una medida que estabiliza el mantenimiento de las condiciones legales del proyecto durante 30 años⁴¹⁸ y reduce los costos de construcción de la nueva planta. Con un costo estimado de 800 millones

⁴¹⁴ Yogeewari Subramaniam, Tajul Ariffin Masron y Nik Hadiyan Nik Azman, “The Impact of Biofuels on Food Security”, *International Economics* 160, (diciembre de 2019): 72–83, <http://doi.org/10.1016/j.inteco.2019.10.003>.

⁴¹⁵ Pirelli y Rossi, “Sostenibilidad de la Biomasa Forestal para Energía y del Etanol de Maíz y Caña de Azúcar en Paraguay”, 147.

⁴¹⁶ FAO, *El estado mundial de la agricultura y la alimentación 2008: Biocombustibles: Prospects, Risks, And Opportunities* (Roma: FAO, 2009), 57–58, <http://www.fao.org/3/i0100e/i0100e.pdf>.

⁴¹⁷ Pirelli y Rossi, “Sostenibilidad de la Biomasa Forestal para Energía y del Etanol de Maíz y Caña de Azúcar en Paraguay”, 165–166.

⁴¹⁸ Sobre los importantes riesgos derivados de las cláusulas de estabilización jurídica y las mejores prácticas para abordarlos, véase, por ejemplo: Lorenzo Cotula, “Reconciling Regulatory Stability And Evolution Of Environmental Standards In Investment Contracts: Towards A Rethink Of Stabilization Clauses” *The Journal of World Energy Law & Business* 1, No. 2 (julio de 2008), 158–179, <https://doi.org/10.1093/jwelb/jwn003>.

de dólares, se espera que la planta de Omega Green genere 20.000 barriles diarios de biodiésel y biocombustibles de queroseno para su uso en aviones y otros medios de transporte, y que aporte 8.000 millones de dólares de beneficios económicos netos a Paraguay en diez años⁴¹⁹.

El proyecto, que comenzó en 2020, se espera que esté terminado en 2023 y, según se informa, proporcionará 3.000 puestos de trabajo directos, 2.400 empleos directos e indirectos una vez que esté en funcionamiento, y 20.000 pequeños agricultores con beneficios directos por el suministro de materias primas agrícolas como aceites naturales no comestibles y grasas animales⁴²⁰. Como preparación, ECB ya ha adquirido 70 hectáreas de terreno relativamente estéril en la región de Villeta, en Paraguay, adyacente al complejo agroindustrial ADM PY –Puerto Sara, en el río Paraguay⁴²¹, y está aprovechando una tecnología existente denominada UOP Renewable Jet Fuel Process™, que trata la mencionada materia prima orgánica para la producción de biocombustibles avanzados que son químicamente idénticos al diésel derivado del petróleo y proporcionan un rendimiento similar o mejor⁴²². Entre las principales partes implicadas en este proyecto se encuentran Barclays y UBS como apoyos financieros, Crown Iron Works y Honeywell como proveedores de tecnología, y ACCIONA como principal contratista de la construcción⁴²³. Ahora, el proyecto ha firmado dos contratos de venta con el compromiso de British Petroleum de comprar 1.000 millones de litros y de Shell de comprar 2.500 millones de litros de biocombustible⁴²⁴.

El segundo gran avance en el país es el desarrollo privado de sistemas silvopastorales. Utilizando las tierras de cultivo del ganado como espacio abierto para plantar árboles específicos ricos en aceite, las empresas pueden utilizar las tierras ociosas para obtener beneficios en la producción de biocombustibles y, al mismo tiempo, mitigar los problemas de la deforestación. Dos empresas, Canopy Energy e Investancia, una empresa paraguaya, se han unido para producir aceites vegetales para la producción de biodiésel a partir del árbol de la pongamia. Como árbol fijador de nitrógeno, la pongamia ayuda a revitalizar el suelo para que crezcan y se desarrollen las especies autóctonas⁴²⁵.

Estas dos empresas sólo están plantando pongamia en tierras que han sido deforestadas durante al menos 10 años para reducir los efectos de la deforestación de los bosques primarios y mitigar la prevalencia de la pongamia como especie invasora. Además, el grupo está interesado en plantar estos

⁴¹⁹ “Paraguayan Government Grants 'Free Zone Regime' For Omega Green Biofuel Plant”, *Biofuels International*, 27 de enero de 2020, <https://biofuels-news.com/news/paraguayan-government-grants-free-zone-regime-for-omega-green-biofuel-plant>.

⁴²⁰ *Biofuels International*, “El gobierno paraguayo concede un 'régimen de zona franca' a la planta de biocombustibles Omega Green”.

⁴²¹ ABC Color, “Destacan avances para la instalación de fábrica de biocombustibles ‘Omega Green’”, *ABC*, 19 de septiembre de 2020, <https://www.abc.com.py/nacionales/2020/09/19/destacan-avances-para-la-instalacion-de-fabrica-de-biocombustibles-omega-green>.

⁴²² Honeywell UOP, “Honeywell Renewable Fuels Technology Chosen for First Advanced Biofuels Plant In Paraguay for ECB Group”, comunicado de prensa, 5 de abril de 2021, <https://uop.honeywell.com/en/news-events/2021/april/honeywell-renewable-fuels-technology-chosen-for-first-advanced-biofuels-plant-in-paraguay-for-ecb-group>.

⁴²³ ABC Color, “Destacan avances para la instalación de fábrica de biocombustibles ‘Omega Green’”.

⁴²⁴ “Paraguay: Shell Comprará A Omega Green 2.500 Mm De Litros De Biocombustible, BP 1.000 Mm”, *BioEconomía*, 19 de febrero de 2021, <https://www.bioeconomia.info/2021/02/19/en-paraguay-shell-comprara-2-500-mm-de-litros-de-biocombustible-bp-1-000-mm>.

⁴²⁵ Aloisia Beaujour, “Mejorando la cobertura arbórea y produciendo biocombustible: An Innovative Silvo-Pasture System In Paraguay”, *Iniciativa 20X20*, 18 de octubre de 2018, <https://initiative20x20.org/news/improving-tree-cover-and-producing-biofuel-innovative-silvopasture-system-paraguay>.

árboles para cubrir sólo el 20% de las tierras de pastoreo⁴²⁶. La técnica combinada de silvo-pastoreo reduce, en última instancia, la huella de carbono del cambio de uso del suelo y la silvicultura, el mayor contribuyente a las emisiones de GEI en Paraguay, al tiempo que proporciona una materia prima adicional para la producción de biocombustibles⁴²⁷.

6.4 Resumen de conclusiones y recomendaciones

1. El gobierno debería evaluar un sistema de transporte moderno desde la perspectiva del VMT, una modalidad que optimiza el modo de transporte según la capacidad de pasajeros y la distancia recorrida, además de la eficiencia del combustible. En consecuencia, deberían revisarse los planes abandonados en torno al BRT, impulsar los proyectos ferroviarios Bioceánico y Tren de Cercanías, reabrir la renovación de las flotas de autobuses y utilizar la tecnología de los vehículos eléctricos. Aunque la renovación de la flota de autobuses de Paraguay a eléctricos tendría un costo inicial mayor, con la tecnología actual esta cantidad se compensaría en cuestión de diez años de funcionamiento, incluyendo el mantenimiento y el combustible. Los autobuses eléctricos tienen un costo de vida útil mucho más rentable y debería considerarse su adopción en el área metropolitana. Los bancos multilaterales podrían ayudar a sufragar este costo, tal y como hizo el BID en Chile.
2. La finalización de una política y un marco legal para el transporte eléctrico y una flota eléctrica más general, sobre la base de las propuestas existentes de la Mesa Intersectorial de Movilidad Eléctrica y los proyectos de ley actuales, es ahora una necesidad urgente, ya que los vehículos eléctricos se están acercando a la paridad de precios con los motores de combustión interna y el país debe estar preparado para aprovechar la oportunidad. Por ejemplo, debe aplicarse el Decreto 1269/2019 que exige el control de la eficiencia de las emisiones en las aduanas y aprobarse el proyecto de ley que prohíbe la importación de vehículos con más de cinco años de antigüedad. Se modernizará progresivamente el parque automotor en circulación y se acercará el Paraguay al estándar latinoamericano. Los impuestos municipales, las tasas de matriculación y los seguros que son proporcionales al valor del vehículo deberían hacerse planos para no perjudicar a los autobuses eléctricos.
3. La promoción de los objetivos de adopción por parte del gobierno en el sector público debe ir seguida de su aplicación. Servirá para varios objetivos, como impulsar el desarrollo de estaciones de recarga, familiarizar al público con los VE y abrir el mercado. Del mismo modo, el esfuerzo de planificación política debe establecer objetivos de adopción para el sector privado y los hogares y considerar los incentivos fiscales necesarios para acelerar la adopción. Hay que seguir de cerca el mercado, ya que los VE pronto serán más competitivos que los coches con motor de combustión interna y, en ese momento, los incentivos ya no serán necesarios.
4. En estrecha colaboración con este esfuerzo de planificación, la ANDE debería estar capacitada para preparar un rápido despliegue de estaciones de carga mediante la recopilación de datos sobre la ubicación, la realización de estudios sobre las tarifas eléctricas aceptables y la adopción de objetivos para la instalación de estaciones de carga. La ANDE debería considerar la adopción de la tecnología Vehicle-to-Grid para aprovechar la capacidad de carga en vacío de los VE para

⁴²⁶ Beaujour, “Mejorando la cobertura arbórea y produciendo biocombustible: An Innovative Silvo-Pasture System In Paraguay”.

⁴²⁷ “Reforestation Oil & Protein”, Investancia, <http://investancia.com>.

estabilizar la red, así como un horario para los periodos de carga de los VE para mejorar la eficiencia de la red eléctrica que desperdicia energía en las horas valle. La mejora del factor de carga puede lograrse regulando tanto la carga de los VE como la producción de hidrógeno verde, o ambas, durante las horas valle. La coordinación de la regulación para exigir a la industria y a los ciudadanos que consuman electricidad durante las primeras horas del día en lugar de las horas punta de la tarde puede servir para completar el éxito del sector eléctrico en Paraguay y mejorar la eficiencia general del sistema.

5. La creación de un sector industrial dedicado al desarrollo e implementación tanto de baterías de iones de litio como de VE con medios de producción nacionales y regionales ayudaría tanto a catalizar el desarrollo económico nacional como a promover la opinión pública hacia la adopción de VE en Paraguay. Trabajar para ampliar el potencial de la cadena de suministro para dicha industrialización mediante estudios de viabilidad de la accesibilidad de los recursos y el comercio con los países vecinos sería un primer paso en esta dirección. En este sentido, la expansión de un mercado de hidrógeno verde tiene un potencial real en Paraguay dada su abundancia de energía limpia de bajo costo, siempre y cuando se prepare un proceso de certificación que ayude a regular el mercado potencial. Si bien la determinación de su potencial dependerá del éxito de un piloto, la mayor densidad energética del hidrógeno lo convierte en un candidato perfecto como combustible para autobuses o transporte público. La producción de hidrógeno verde también puede ayudar a mejorar el factor de carga y convertirse en una nueva fuente de exportaciones.
6. Para apoyar la descarbonización de los sectores de uso final, como el transporte pesado, el transporte marítimo y la aviación, el Gobierno de Paraguay debería fomentar el aumento de la productividad y de la capacidad nacional para producir biocombustibles a partir del aceite de soja, la caña de azúcar y el maíz, y otros cultivos alimentarios prometedores, incluso en rotación corta en tierras marginales y de pastoreo. También debería estudiar el potencial para producir biocombustibles de segunda generación o avanzados a partir de materias primas no alimentarias sostenibles, y desechos y residuos⁴²⁸. Entre otros mecanismos políticos para promover los biocombustibles, Paraguay también podría considerar la posibilidad de establecer normas para los combustibles con cero emisiones de carbono, mandatos para el desarrollo de biocombustibles y la integración de créditos para la eliminación de CO₂ en un sistema reformado de límites máximos y comercio (véase la sección 5.2.3 sobre la reforma de los certificados ambientales y la sección 7.3.4 sobre el establecimiento de precios del carbono)⁴²⁹. Estas políticas deben tener en cuenta todos los demás usos posibles de la tierra, como los bosques nativos preservados y los sumideros de carbono. Paraguay también debería empezar a crear demanda en el mercado interno para evitar exportar toda la producción nacional. Para ello, el gobierno debería seguir de cerca las recomendaciones y directrices de la FAO y otras organizaciones pertinentes para supervisar el rendimiento medioambiental y el ahorro de emisiones de carbono de los biocombustibles producidos, y para garantizar su sostenibilidad social y medioambiental. Entre las recomendaciones destacadas están el aumento de la productividad de las materias primas (en particular, de la caña de azúcar producida a pequeña escala) mediante la adopción de variedades de mayor productividad y mejores prácticas de gestión; la reducción y, en la medida de lo posible,

⁴²⁸ Eduardo Bohn, “*Tablero de comando*” para la producción de los biocombustibles en Paraguay (Santiago: CEPAL, 2009), https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/3694/1/S2009095_es.pdf; Alexandra Friedmann y Reinaldo Penner, *Biocombustibles: Alternativa de Negocios Verdes* (Asunción: USAID Paraguay Vende, 2009), <https://www.usaid.gov/sites/default/files/documents/1862/biocombustibles.pdf>.

⁴²⁹ AIE, *Net Zero by 2050*, 92.

la evitación de los cambios en el uso del suelo; el control de la contaminación de las aguas superficiales y subterráneas; la resolución de los problemas de tenencia y valor de la tierra en las zonas utilizadas para producir materias primas; el control de las repercusiones del mercado de los biocombustibles en la seguridad y los costos alimentarios; la planificación de la recualificación de los trabajadores desplazados por el aumento de la automatización; y el establecimiento de incentivos para los productores de biocombustibles con certificaciones de sostenibilidad⁴³⁰.

⁴³⁰ Pirelli y Rossi, “Sostenibilidad de la Biomasa Forestal para Energía y del Etanol de Maíz y Caña de Azúcar en Paraguay”, 297–298.

7. Cómo financiar la descarbonización

Paraguay dispone de varios medios para financiar su programa de descarbonización para un futuro sostenible. Este capítulo se divide en cinco secciones. La primera resume el marco legal de la gestión de las finanzas públicas en Paraguay. La segunda identifica los principales problemas de la gestión de las finanzas públicas en Paraguay. La tercera destaca la pandemia del COVID-19 y sus agudos impactos macroeconómicos en Paraguay. La cuarta presenta las posibles soluciones para financiar la descarbonización. Por último, la quinta sección proporciona recomendaciones clave y los próximos pasos que el gobierno puede tomar para alinear el sistema financiero de Paraguay hacia la descarbonización para el año 2050.

7.1 Gestión de las finanzas públicas: Marco jurídico

Asignación de ingresos por electricidad

En septiembre de 2012, la Ley N° 4758/2012 creó el Fondo Nacional de Inversión Pública y Desarrollo (FONACIDE) para administrar los ingresos de compensación (pagados por Brasil por la compra de la asignación de capacidad de Paraguay que no es utilizada por el país) de la entidad binacional Itaipú. La ley destina los recursos del fondo a educación e investigación (30%), infraestructura (28%), departamentos y municipios (25%), salud (10%) y la capitalización de la Agencia Financiera de Desarrollo (7%). Para dar un rango de orden de 2012 a 2020, el FONACIDE transfirió un promedio anual de 404 mil millones de pesos⁴³¹ (alrededor de 61 millones de dólares⁴³²) a los gobiernos nacional, departamental y municipal. Sin embargo, en el momento en que la ANDE utilice la totalidad de su cuota, como se prevé en este informe, la compensación se reducirá a cero, lo que reducirá profundamente la capacidad de financiación del FONACIDE.

Además de los fondos del FONACIDE, según la Ley N° 3984/2010, el nivel subnacional (departamentos y municipios) recibe el 50% de las regalías pagadas por las represas hidroeléctricas binacionales. Además, Itaipú debe destinar parte de sus recursos financieros a temas de capital, sociales y ambientales según la resolución administrativa RDE-109/2003 del Directorio de Itaipú⁴³³. Un esquema similar existe para Yacyretá⁴³⁴.

La idea de destinar parte de los recursos financieros de Itaipú y Yacyretá a gastos de capital, sociales y ambientales es prospectiva y decisiva para lograr un crecimiento inclusivo en Paraguay, Brasil y Argentina. El artículo 281 de la Ley N° 6672/2021 (ley de presupuesto para 2021) autoriza al Gobierno de Paraguay a celebrar acuerdos de cooperación con las entidades binacionales en relación con estos gastos. Si bien los gastos realizados en el marco de estos convenios estarían sujetos al control de las autoridades competentes y a las obligaciones de información y rendición de cuentas por parte de las

⁴³¹ “Transferencias bancarias de FONACIDE”, Ministerio de Hacienda, última actualización 14 de septiembre de 2021, <https://datos.hacienda.gov.py/grafico/fonacide-transferencia>.

⁴³² 1 USD = 6620 PYG a partir del 11 de marzo de 2021.

⁴³³ Ernesto Ayala Baez, “Gastos Socioambientales de la Entidad Paraguayo-Brasileña”, ABC, 6 de diciembre de 2020, <https://www.abc.com.py/edicion-impresa/suplementos/economico/2020/12/06/gastos-socioambientales-de-la-entidad-paraguayo-brasilena>.

⁴³⁴ Actores locales, entrevista de los autores, octubre 2020.

entidades hidroeléctricas binacionales, el proceso establecido por la Ley N° 6672/2021 es extrapresupuestario y, por lo tanto, podría aflojar los mecanismos de transparencia y rendición de cuentas usualmente asociados a los procesos presupuestarios. En un esfuerzo por aumentar el presupuesto para los gastos de salud pública para responder a la crisis del COVID-19, el Congreso aprobó la Ley No. 6729/2021 para transferir los fondos sociales y ambientales de las hidroeléctricas binacionales a la esfera del Ministerio de Hacienda en tiempos de pandemia. La renegociación del Anexo C del tratado de Itaipú podría brindar la oportunidad de revisar la eficacia de todos estos procesos para asegurarse de que todos los ingresos se gasten de forma eficaz.

Responsabilidad, planificación y participación locales

Antes de las novedades políticas y jurídicas de 2014 y 2016 (véase más adelante), el mencionado mecanismo de distribución subnacional no tenía en cuenta la capacidad fiscal de los municipios ni el historial de la eficiencia con que se gastaba el dinero en el pasado. La dependencia de los ingresos garantizados del FONACIDE y otras fuentes desalentó la mejora de las tasas de recaudación de impuestos o la eficiencia fiscal a nivel local. Algunos municipios ni siquiera informaron sobre el uso de los recursos.⁴³⁵ Esta cuestión condujo a una creciente desalineación entre el gasto público a nivel municipal y las prioridades nacionales de desarrollo⁴³⁶.

El Plan Nacional de Desarrollo de 2014 introdujo los Consejos de Desarrollo Local, entidades encargadas de coordinar las prioridades y los gastos tanto nacionales como locales. Sin embargo, el sistema estaba plagado de problemas. Aunque la idea de que el impuesto local sobre la propiedad puede financiar los gastos locales es fiscalmente sólida, las presiones políticas de los grandes terratenientes hicieron que las tasas de recaudación fueran abismales. Además, los mapas catastrales de las zonas situadas fuera de Asunción eran inexistentes o estaban obsoletos. Como resultado, los gobiernos locales de estas “zonas muertas” dependían de las transferencias de fondos del gobierno central para los gastos locales, una circunstancia que el plan nacional no mejoró⁴³⁷. Al darse cuenta de estos problemas con el proceso, el Decreto Reglamentario N° 4774/2016, estableció el Plan Municipal de Desarrollo Sostenible como la base sobre la cual el Ministerio de Hacienda audita los gastos locales y aprueba las transferencias de financiamiento, incluyendo del FONACIDE, a las entidades subnacionales. Con la nueva capacidad de negar las transferencias de fondos del gobierno central a los gobiernos locales, el Ministerio de Hacienda pudo acorralar con éxito el incumplimiento en diferentes regiones de Paraguay⁴³⁸.

Ley de Responsabilidad Fiscal

La Ley n° 5098/2013, la Ley de Responsabilidad Fiscal (LRF), fijó un límite de déficit del 1,5% del PIB del país, y un crecimiento real de los gastos corrientes del 4% del PIB nacional. Este tipo de control fiscal sobre el gasto del país limitó el alcance de las inversiones financieras que el país podía hacer y

⁴³⁵ Actores locales, entrevista de los autores, octubre de 2020.

⁴³⁶ Ministerio de Hacienda de Paraguay, *Regalías y compensaciones: Informe de desempeño municipal, tercer trimestre-fiscal 2009* (Asunción: 2010); Contraloría General de la República, “Consideración especial a la ejecución presupuestaria de las operaciones [diferentes municipios]” (Asunción: 2010).

⁴³⁷ Gustavo Setrini y Liliana Rocío Duarte-Recalde, “El desarrollo de las instituciones participativas en Paraguay: ¿una herramienta de democratización o de control estatal?” *Cahiers des Amériques latines* 90 (2019): 39–57, https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=3388134.

⁴³⁸ Setrini y Duarte-Recalde, “El desarrollo de las instituciones participativas en Paraguay”.

estableció una salvaguarda conservadora contra los choques financieros a nivel macroeconómico (véase Tabla 35 para las características de la LFR).

Tabla 35: Principales características de la Ley de Responsabilidad Fiscal

Límite de déficit	La administración central no debe superar el 1,5% del PIB y el déficit medio de tres ejercicios presupuestarios no debe superar el 1% del PIB
Límite de gasto	La tasa de crecimiento del gasto primario corriente del sector público no debe superar el 4% en términos reales
Cláusulas de escape	El Congreso puede aprobar un déficit de hasta el 3% del PIB en casos de emergencia nacional, crisis internacional o crecimiento negativo
Sanciones	El eventual incumplimiento se considera una dejación de funciones por parte del funcionario responsable

Fuente: FMI⁴³⁹.

La LFR introdujo elementos de presupuestación a medio plazo (más de tres años) y consagró requisitos de transparencia (por ejemplo, acceso abierto a los informes del gobierno), que son importantes para mejorar la responsabilidad política y la previsibilidad y apoyar la planificación a largo plazo.

7.2 Problemas en la administración de los ingresos

7.2.1 Recaudación de ingresos

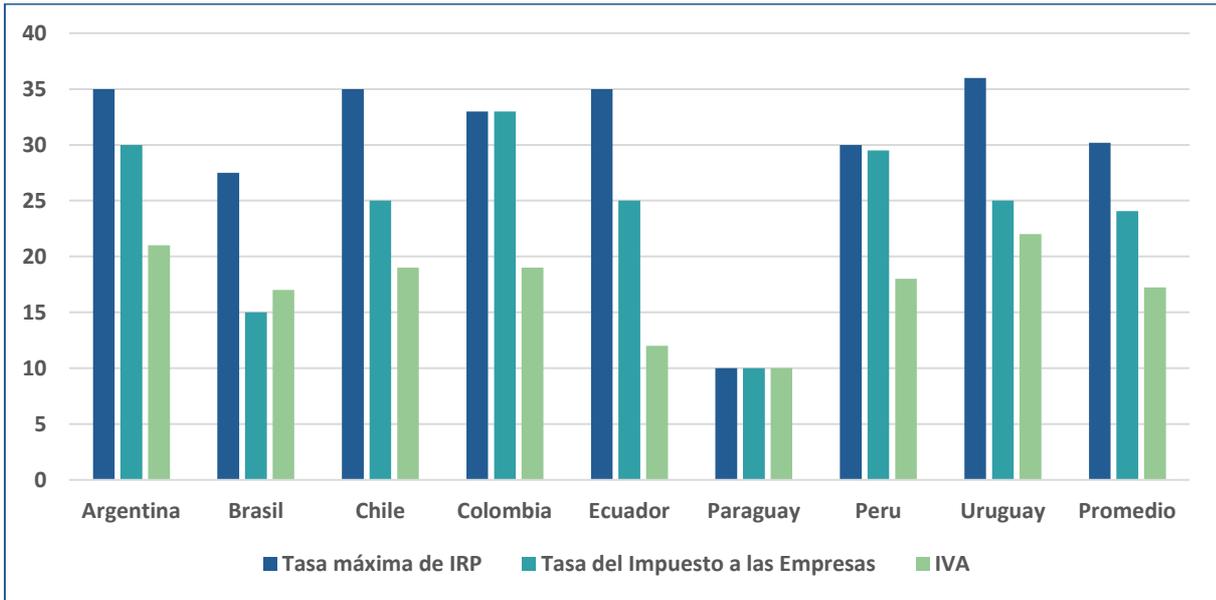
Desde la reforma tributaria de 2004, el gobierno ha triplicado la tasa de recaudación de impuestos al formalizar la economía y aumentar así la base tributaria. La base impositiva podría aumentar aún más con la Ley N° 6380/19 de modernización y simplificación del sistema tributario paraguayo⁴⁴⁰. Sin embargo, para lograrlo, el gobierno redujo la tasa del impuesto a la renta de las empresas del 30% a un impuesto fijo del 10%⁴⁴¹. Como resultado, los principales impuestos están todos fijados en el 10%, que es el tipo impositivo más bajo de los principales tipos de impuestos en América Latina (véase Figura 53).

⁴³⁹ Antonio David y Natalija Novta, “A Balancing Act: Reform Options For Paraguay’s Fiscal Responsibility Law” (FMI Documento de Trabajo No. 16/226, FMI, 2016), <https://www.imf.org/en/Publications/WP/Issues/2016/12/31/A-Balancing-Act-Reform-Options-for-Paraguays-Fiscal-Responsibility-Law-44410>.

⁴⁴⁰ Esta ley fiscal es la Ley n° 6380/19.

⁴⁴¹ Ministerio de Hacienda, “Análisis y perspectivas del sistema tributario” (abril de 2013).

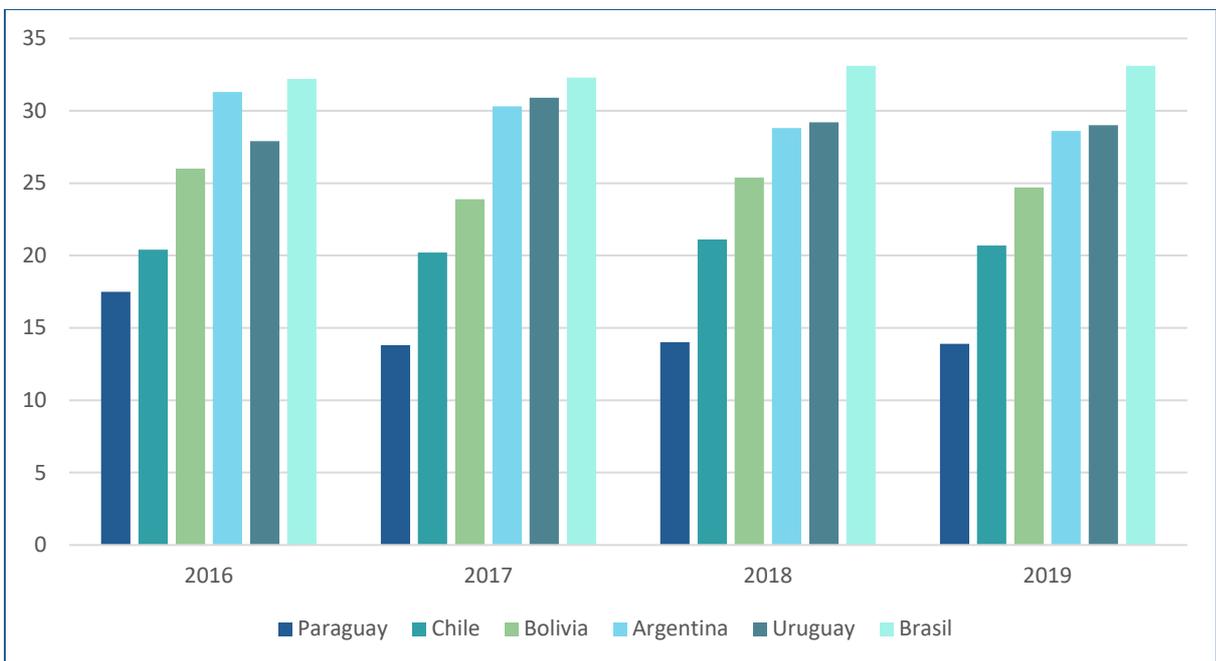
Figura 54: Tipos impositivos en Paraguay y en los países de la región (en %)



Fuente: Centro Interamericano de Administraciones Tributarias⁴⁴².

Paraguay también tiene la relación impuestos/PIB más baja de la región del Cono Sur de Sudamérica, con un 14% del PIB (véase Figura 54).

Figura 55: Relación entre impuestos y PIB en Paraguay y países vecinos (en % del PIB)



⁴⁴² "Tax Rates in Latin America", Inter-American Center of Tax Administration (CIAT), <https://www.ciat.org/tax-rates-in-latin-america/?lang=en>.

La autoridad de ingresos del país (SET) ha reforzado su capacidad administrativa con el tiempo, pero el cumplimiento de los impuestos sigue siendo un problema porque “los procedimientos legales para imponer sanciones a la evasión fiscal son débiles según los estándares internacionales”⁴⁴⁷. Sin embargo, un problema mucho mayor es la persistencia de una economía informal en Paraguay, que se estima que alcanza el 38,6% del PIB en 2017, el equivalente a 11.600 millones de dólares en 2017⁴⁴⁸. Como la economía sumergida de Paraguay no está sujeta a impuestos, hay una gran cantidad de ingresos fiscales perdidos por el continuo crecimiento de este mercado. La formalización de la economía en Paraguay debe ser una prioridad.

Además, Paraguay ofrece una serie de incentivos fiscales a través del programa de Maquila⁴⁴⁹ y de la Ley N° 60/90, que supusieron el 1,7% del PIB en 2016, es decir, 612,85 millones de dólares⁴⁵⁰.

Si bien evaluar si la generación de ingresos a partir de la tributación nacional podría ser tan alta como la media latinoamericana y si los incentivos fiscales existentes son eficaces está fuera del alcance de este estudio, en el contexto del análisis de las fuentes de ingresos tanto para la descarbonización de la economía como para salir de la crisis COVID-19, el gobierno debería revisar de forma transparente estos aspectos. En el contexto de esta revisión, debería considerar que, para ser efectivos, por diseño, los incentivos deberían ser retroalimentados (en lugar de ser proporcionados ex ante), así como condicionados al rendimiento continuado y monitorizado de la inversión en cuanto a creación de empleo, valor añadido, diversificación, sostenibilidad medioambiental y competitividad. Los incentivos que son o fueron críticos para atraer la inversión pueden dejar de ser necesarios a medida que un país se desarrolla económicamente⁴⁵¹.

⁴⁴³ “Revenue Statistics in Latin America and the Caribbean 2020”, OCDE iLibrary, OCDE, <https://www.oecd-ilibrary.org/docserver/68739b9b-en-es.pdf?expires=1606700600&id=id&accname=guest&checksum=DA9E9A6186FCA8910F8D3786D9E594B2>.

⁴⁴⁴ “Revenue Statistics In Latin America and The Caribbean 2019”, OCDE iLibrary, OCDE, <https://www.oecd.org/tax/tax-policy/brochure-revenue-statistics-latin-america-and-caribbean-2019.pdf>.

⁴⁴⁵ “Revenue Statistics In Latin America and The Caribbean 2018”, OCDE iLibrary, OCDE, https://www.oecd-ilibrary.org/docserver/rev_lat_car-2018-3-en-fr.pdf?expires=1606701240&id=id&accname=guest&checksum=547FD6138FCE8646FE1EF8856E559682.

⁴⁴⁶ “Revenue Statistics In Latin America And The Caribbean 2017”, OCDE iLibrary, OCDE, <https://www.oecd-ilibrary.org/docserver/96ce5287-en-es.pdf?expires=1621208908&id=id&accname=guest&checksum=8D8328E73F1F9B15C3868C7E5648FEFA>.

⁴⁴⁷ David y Novta, “A Balancing Act: Reform Options For Paraguay’s Fiscal Responsibility Law”.

⁴⁴⁸ ILO Santiago, “Paraguay y el reto de formalizar la economía informal”, *Organización Internacional del Trabajo (OIT)*, 18 de septiembre de 2017, http://www.ilo.org/santiago/sala-de-prensa/WCMS_578493/lang-es/index.htm.

⁴⁴⁹ El programa de maquila permite a las empresas extranjeras que tienen cadenas de montaje en Paraguay utilizando insumos locales o regionales beneficiarse de un régimen de incentivos muy generoso. Más explicaciones aquí: <https://www.trade.gov/country-commercial-guides/paraguay-maquila-assembly-and-distribution-operations> y aquí <https://www.pwc.com/py/es/publicaciones/assets/MaquilaRegimeEn.pdf>.

⁴⁵⁰ Fernando Peláez Longinotti, *Panorama del gasto tributario en América Latina: Principales Estadísticas de la Base de Datos del CIAT* (CIAT, 2018), https://www.ciat.org/Biblioteca/DocumentosdeTrabajo/2018/WP_05_2018_pelaez.pdf.

⁴⁵¹ Lise Johnson y Perrine Toledano, “Background Paper for the Eighth Columbia International Investment Conference on Investment Incentives: The Good, the Bad and the Ugly”, borrador al 8 de noviembre de 2013 (CCSI, 2013), https://ccsi.columbia.edu/sites/default/files/content/docs/VCC_conference_paper_-_Draft_Nov_12.pdf.

7.2.2 Gastos recurrentes

Si bien la LFR ha establecido límites a los aumentos salariales del sector público, y ha habido iniciativas para promover la contratación competitiva, el gasto de Paraguay en la remuneración del sector público sigue siendo relativamente alto y poco relacionado con el desempeño⁴⁵². Los salarios de los funcionarios públicos deben fijarse de forma transparente y reflejar las competencias y las funciones; de lo contrario, son inflacionarios por naturaleza y desplazan el gasto público en gastos de capital, como la infraestructura para la descarbonización.

Tres indicadores de gobernanza del Banco Mundial miden la calidad de la gobernanza⁴⁵³:

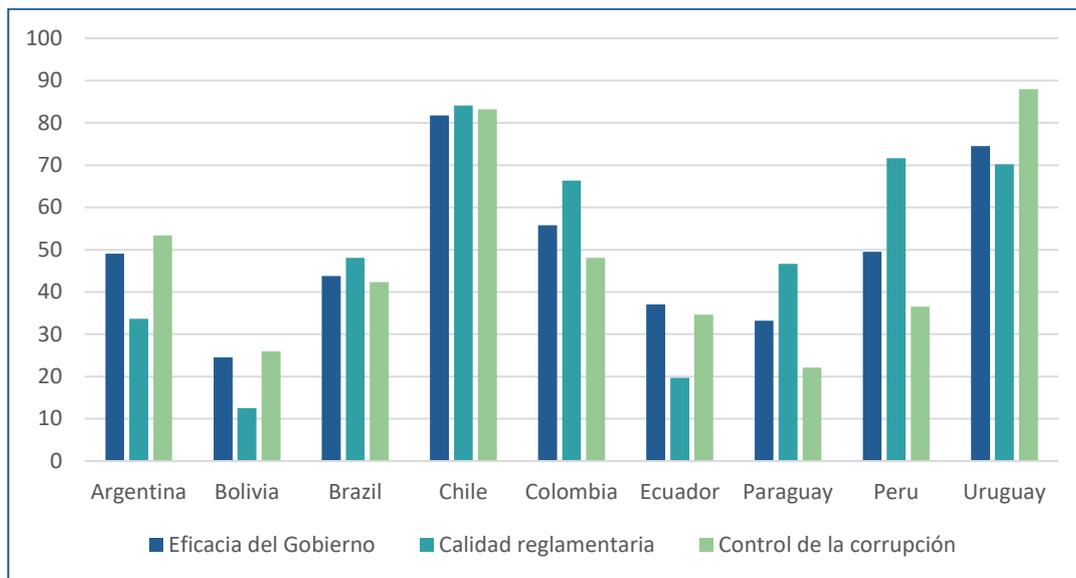
- El Índice de Calidad Regulatoria “capta la percepción de la capacidad del gobierno para formular y aplicar políticas y *normativas* sólidas que permitan y promuevan el desarrollo del sector privado”.
- El indicador de Control de la Corrupción “mide la percepción del grado de utilización del poder público para el beneficio privado e incluye tanto las formas de corrupción menores como las mayores, así como la “captura” del Estado por parte de las élites y los intereses privados”.
- El indicador de eficacia del gobierno “capta la percepción de la calidad del servicio del gobierno, la calidad de la administración pública y su grado de independencia de las presiones políticas, la calidad de la formulación y aplicación de las políticas y la credibilidad del compromiso del gobierno con dichas políticas”.

Como se muestra en Figura 55, Paraguay obtiene una puntuación relativamente baja para la región sudamericana en los tres indicadores en el año 2019, particularmente en el indicador de Control de la Corrupción. Esto pone de manifiesto la necesidad de reforzar la capacidad del gobierno para gobernar, gestionar los ingresos y gastar adecuadamente en el interés público.

⁴⁵² Teresa Romero, “América Latina: Salario mensual de los congresistas por país 2018”, Statista, 16 de septiembre de 2021, <https://www.statista.com/statistics/1075333/latin-america-congress-members-salary-country>.

⁴⁵³ Daniel Kaufmann and Aart Kraay, “The Worldwide Governance Indicators (WGI) Project”, Worldwide Governance Indicators, Banco Mundial, <https://info.worldbank.org/governance/wgi>.

Figura 56: Rango percentil para países sudamericanos seleccionados según los indicadores de gobernanza del Banco Mundial, 2019



Fuente: Elaborado por los autores con datos del Banco Mundial⁴⁵⁴.

Los esfuerzos de los gobiernos por “invertir en el proceso de inversión”⁴⁵⁵ son fundamentales para aumentar el rendimiento de la inversión pública y privada, con el fin de incrementar el crecimiento económico y mantener al mismo tiempo la sostenibilidad fiscal y de la deuda. “Esto abarca varios aspectos: la capacidad del país para llevar a cabo una evaluación y selección de proyectos técnicamente sólida y no politizada, los mecanismos adecuados para la ejecución, la supervisión y el seguimiento de los proyectos de inversión, y la evaluación a posteriori”⁴⁵⁶. Estos aspectos deben medirse de forma continua y transparente a través de indicadores económicos e institucionales para orientar el desarrollo de reformas intuitivas y normativas que conduzcan a una buena gestión de los ingresos y al aumento de la inversión pública productiva⁴⁵⁷. El proyecto de ley de contratación pública⁴⁵⁸ y el proyecto de reforma de la administración pública que está a punto de discutirse en el Congreso⁴⁵⁹ pueden abordar estos puntos.

⁴⁵⁴ “Percentile rank indicates the country's rank among all countries covered by the aggregate indicator, with 0 corresponding to lowest rank, and 100 to highest rank”. Kaufmann and Kraay, “The Worldwide Governance Indicators (WGI) Project”.

⁴⁵⁵ Paul Collier y Anthony Venables, “Managing Resource Revenues: Lessons for Low Income Countries” (OxCarre Documento de Trabajo 012, Oxford Centre for the Analysis of Resource Rich Economies, University of Oxford, 2008), <https://ideas.repec.org/p/oxf/oxcrwp/012.html>.

⁴⁵⁶ Era Dabla-Norris, Jim Brumby, Annette Kyobe, Zac Mills y Chris Papegeorgiou, *Investing in Public Investment: An Index of Public Investment Efficiency* (FMI Documento de Trabajo WP/11/37, FMI, 2010), <https://www.imf.org/external/pubs/ft/wp/2011/wp1137.pdf>.

⁴⁵⁷ Dabla-Norris et al., *Investing In Public Investment: An Index Of Public Investment Efficiency*.

⁴⁵⁸ Dirección Nacional de Contrataciones Públicas (DNCP), “Ejecutivo presenta Proyecto para nueva Ley de contrataciones públicas”, comunicado de prensa, 4 de mayo de 2021, <https://www.contrataciones.gov.py/noticias/319.html>.

⁴⁵⁹ Vicepresidencia de la República del Paraguay, “Ley del Servicio Civil: Ejecutivo presenta al Congreso primer Proyecto de ley de la Reforma” (Vicepresidencia de la República del Paraguay, 2020), <https://vicepresidencia.gov.py/index.php/noticias/ley-del-servicio-civil-ejecutivo-presento-al-congreso-primer-proyecto-de-ley-de-la-reforma>.

7.2.3 Participación del público

El Decreto Reglamentario N° 4774/2016, que reglamentó la Ley de Presupuesto N° 5554/2016 y dio lugar a los Planes Municipales de Desarrollo Sostenible, no ordena la participación pública en la creación de los planes. De hecho, el decreto permite que el Ministerio de Planificación apoye la creación de Consejos Municipales de Desarrollo para producir los planes de Desarrollo Sostenible en cada uno de los 254 distritos de Paraguay.

Si bien existen otras vías de participación pública en la administración de los ingresos en Paraguay, incluso a través de los procesos presupuestarios en el Congreso, los mecanismos de participación están notablemente ausentes en este caso, al no existir un mandato para que los consejos se gobiernen, ni para que los planes se elaboren de forma participativa. De hecho, aunque los propios planes son obligatorios para poder optar a la financiación nacional, su elaboración no se supervisa para garantizar la participación de la comunidad⁴⁶⁰. La participación pública es fundamental para el éxito de la transición de la economía y los sistemas energéticos. Las reformas deben ser ampliamente aceptadas para ser políticamente viables, y las preocupaciones de los afectados por las reformas deben ser escuchadas y atendidas.

7.3 Financiación de la descarbonización: Soluciones

7.3.1 Aprovechamiento del ahorro en el sector eléctrico

Este informe ha identificado las opciones para obtener ahorros potenciales de una mayor eficiencia en el sector energético y su administración:

- Como se demostró en el capítulo 2, Paraguay está dejando de percibir ingresos debido a una gestión subóptima del sector eléctrico. Las tarifas están demasiado cerca del nivel de recuperación de costos y no son lo suficientemente altas si se tiene en cuenta el riesgo cambiario y las previsiones más ambiciosas de los programas de gastos de capital para modernizar el sistema. La falta de control de la ANDE sobre las tarifas sociales crea un desequilibrio entre el rendimiento necesario de la ANDE y el Ministerio de Hacienda. Por otra parte, las pérdidas de distribución representan una pérdida de 163 millones de dólares al año.
- Como se demostró en el capítulo 3 de programas de respuesta a la demanda puede ayudar a ahorrar entre 75 y 275 / kW al año por cada 1 kW de carga máxima que se reduzca; el despliegue del hydropeaking puede ahorrar entre un 30 y un 35% de la capacidad de generación máxima y el almacenamiento de refrigeración por hielo que alivia 2.000 MW de plomo máximo puede ahorrar anualmente 413 millones de dólares.
- Como se ha comentado en el capítulo 4, el despliegue de programas de incentivos para los electrodomésticos, cuando sea adoptado ampliamente por el gobierno en todo el país, podría generar un ahorro neto de 1.080 millones de dólares para 2040.
- Como se ha cuantificado a grandes rasgos en el capítulo 5 electrificación del uso de la energía que ahora mismo se sirve de la biomasa aportará enormes ingresos. La pérdida de oportunidad asciende a 1.300 millones de dólares con la tarifa actual, sin tener en cuenta la mayor eficiencia de la electricidad frente a la biomasa ni la inversión adicional en el sistema eléctrico para llevar la

⁴⁶⁰ Setrini y Duarte-Recalde, “El desarrollo de las instituciones participativas en Paraguay”.

electricidad a estos usuarios, además de hacer la audaz suposición de que la electricidad podría servir para todos los usos.

- Lo mismo ocurre con la electrificación del transporte. Como se vio en el capítulo 6, además, al electrificar completamente el transporte público de autobuses en el país, Paraguay ahorraría hasta 20 millones de dólares en valor neto actual después de diez años de implementación.

Además, tras la amortización de la deuda en 2022–2023, Itaipú podrá operar con un costo mucho menor. Considerando que, en 2019, el costo de amortización de la deuda de Itaipú fue de alrededor de USD 2 mil millones, esto podría tener implicaciones de ingresos inesperados para Brasil y Paraguay, si los gobiernos aceptan crear nuevas fuentes de pago manteniendo la tarifa en los niveles actuales o alrededor de ellos. El FMI anticipa que si durante la renegociación del Anexo C, ambos países ratifican distribuir estos ingresos extraordinarios exclusivamente como pagos de regalías a cada país (entre USD 800 millones y USD 1.000 millones por año), “se cuadruplicaría con creces el monto de los pagos de regalías en 2019” y “se traduciría en un aumento de casi el 10 por ciento en los ingresos fiscales proyectados de Paraguay para 2024 (2,2 por ciento del PIB proyectado para 2024)”⁴⁶¹. El gobierno podría crear un fondo para recaudar este dinero y destinarlo a la descarbonización, aprovechando la idea contenida en el Decreto N° 6092/16 de Política Energética Nacional, que se refiere a la creación de un banco nacional de infraestructura para el desarrollo económico y social ('BNIDES'). Sin embargo, si no se llega a un acuerdo para modificar el Anexo C o se ratifica antes de finales de 2021 o antes del final del pago de la deuda a mediados de 2023, la continuación de la aplicación del Anexo C significará la disminución de la tarifa al nuevo costo, lo que representa una gran reducción de los pagos por capacidad de la ANDE y Eletrobras. En este escenario más probable, ANDE podría beneficiarse de la reducción de la tarifa e invertir este ahorro en la aplicación de su plan maestro, si la tarifa no se reduce proporcionalmente a los consumidores. Una tercera posibilidad es una combinación de ambas. Cabe destacar que, según el análisis de flujo de caja 2021–2030 de la ANDE⁴⁶², una reducción de la tarifa de Itaipú no impedirá que la ANDE tenga un déficit creciente en 2030.

La aprobación de este tipo de medidas será un reto político, ya que requerirá el alineamiento político entre Brasil y Paraguay, así como la ratificación por parte de ambos Congresos. Como ejemplo, el acuerdo de 2009 entre Brasil y Paraguay tardó más de dos años en ser ratificado por el Congreso brasileño y, por tanto, en entrar en vigor⁴⁶³. Se necesitará una fuerte confianza en la capacidad del gobierno para gastar en el interés público. Para ello, es necesario aumentar la transparencia y la rendición de cuentas en la elaboración de políticas, como se ha mencionado anteriormente. Sin embargo, las decisiones bilaterales de no rebajar las tarifas de 2021 y 2022⁴⁶⁴ y de aumentar el presupuesto de inversión de la ANDE aumentan la probabilidad de viabilidad política, aunque esta decisión requerirá anticipar la revisión del Anexo C antes de agosto de 2023, lo que parece una posibilidad más lejana. Una cuarta posibilidad es bajar la tarifa a los consumidores para promover la electricidad al sector productivo que ahora mismo consume biomasa. Sin embargo, la tarifa ya es baja según los estándares

⁴⁶¹ Natasha X Che, “Macroeconomic Impact of the Itaipú Treaty Review For Paraguay” (FMI Documento de Trabajo No. 2021/229, FMI, 2021), <https://www.imf.org/en/Publications/WP/Issues/2021/05/05/Macroeconomic-Impact-of-the-Itaip-Treaty-Review-for-Paraguay-50248>.

⁴⁶² ANDE, “Flujo de Caja a Largo Plazo 2021–2030”.

⁴⁶³ Entrevista con las partes interesadas, julio de 2020.

⁴⁶⁴ Itaipú Binacional, “Itaipú otorga USD 203 millones a la ANDE para fortalecer el sistema eléctrico paraguayo”, comunicado de prensa, 26 de febrero de 2021, <https://www.itaipu.gov.py/es/sala-de-prensa/noticia/Itaipú-otorga-usd-203-millones-la-ande-para-fortalecer-el-sistema-electrico-p>.

internacionales y la aplicación de una fuerte regulación sobre la biomasa no sostenible (véase el capítulo 5) debería ayudar a promover la electrificación en la misma medida. El modelo PY-RAM analizado en el capítulo 3 muestra, de hecho, que una mayor reducción de la tarifa no tiene ningún impacto en el costo del sistema a medio y largo plazo⁴⁶⁵.

Con la reducción de las tarifas a los consumidores, la ANDE podría encontrarse eventualmente con muchas más dificultades para el flujo de caja y para cubrir su tan necesario plan de inversiones. Otra consideración que no se ha tenido en cuenta es que el acuerdo de operaciones de 2007 finaliza en 2023 y, si no se renueva, la ANDE probablemente tendrá que contratar mayores necesidades de energía, ya que podría perder la prioridad en el uso de la energía adicional generada por encima de la capacidad contratada de Itaipú.

7.3.2 Incentivar la participación del sector privado en el sector eléctrico

Creación de una interfaz de cara al público

Además de crear un Ministerio de Energía dedicado, el desarrollo de una entidad autónoma responsable de todas las interacciones con potenciales inversores privados modernizaría la participación de la ANDE con el gobierno. Diseñada en colaboración con socios globales e instituciones internacionales, esta interfaz –un organismo independiente dentro del Ministerio de Hacienda específicamente para la financiación privada de proyectos de infraestructura eléctrica– ayudaría a agilizar las interacciones con los inversores privados⁴⁶⁶. Con un enfoque claro, el Gobierno de Paraguay puede:

1. Identificar las operaciones que se benefician de la financiación de capital privado como parte de una cartera nacional;
2. Construir y publicar el pipeline de acuerdos para crear transparencia;
3. Construir una perspectiva temprana sobre la viabilidad del proyecto para enfocar los recursos;
4. Proporcionar financiación para seleccionar proyectos con experiencia externa para estructurar proyectos; y
5. Diseñar y aplicar un enfoque por etapas, de modo que se puedan hacer correcciones del rumbo y alinear a las partes interesadas⁴⁶⁷.

Mejora de los incentivos para la participación privada en el desarrollo del sector eléctrico

Esta interfaz con el sector privado también trabajaría con el Ministerio de Energía para incentivar aún más la participación del sector privado más allá de las leyes existentes, que podrían resultar insuficientes. Por ejemplo, es necesario crear oportunidades para los PPI en el sector eléctrico a largo plazo. Dado que las tarifas eléctricas son relativamente bajas y que la mayor parte de la generación de ener-

⁴⁶⁵ Modi, Hu, y Wu, Modelización: Comprender la rentabilidad potencial de las opciones para que Paraguay satisfaga las necesidades futuras de energía y de potencia máxima.

⁴⁶⁶ Ali Abid Hussain, Selim Jeddi, Kannan Lakmeharan y Hasan Muzaffar, “Unlocking Private-Sector Financing in Emerging-Markets Infrastructure”, *McKinsey & Company*, 10 de octubre de 2019, <https://www.mckinsey.com/industries/capital-projects-and-infrastructure/our-insights/unlocking-private-sector-financing-in-emerging-markets-in-frastructure>.

⁴⁶⁷ Hussain et al., “Unlocking Private-Sector Financing in Emerging-Markets Infrastructure”.

gía procede de fuentes hidroeléctricas de bajo costo, que abastecen el consumo total del área metropolitana de Asunción –que representa el 38⁴⁶⁸, 8% del consumo nacional–, los PPI tienen pocos incentivos para entrar en el mercado de la generación. La Ley N° 3009/2006 establece un marco regulatorio para los PPI en el sector eléctrico, otorgando a la ANDE una posición preferencial para todas las fuentes de generación de más de 2 MW, y exigiendo la licitación pública y la asociación con la ANDE.

El Decreto N° 6092/2016 que establece la Política Energética Nacional 2040 proporcionó un plan de acción que propone la adopción de una ley para regular la generación independiente de electricidad. El objetivo de esta nueva ley sería eliminar las restricciones actuales a la distribución de la energía excedente generada por los paneles solares a la red⁴⁶⁹. La nueva ley también ayudaría a solucionar el requisito de que los PPI cobren a la ANDE importes de tarifa muy inferiores al costo de producción estándar de los PPI.

Adicionalmente, la Ley N° 6324/2019 otorga una garantía soberana a los inversores relacionados con proyectos particulares de transmisión y distribución de electricidad para la ANDE. El monto total máximo de las garantías otorgadas a los proyectos en el marco de la ley es de 300 millones de dólares, y el gobierno nacional puede aprobar la asignación de fondos adicionales para los proyectos si es necesario. Al permitir las garantías soberanas, esta ley agiliza y promueve la financiación privada de proyectos de infraestructura eléctrica. Esta ley funciona junto con la Ley N° 5074/2013, la ley “llave en mano”, que garantiza que los inversores privados reciban el pago por los proyectos de infraestructura de contratación pública solo después de que se hayan realizado las obras. Combinando estas dos leyes, el riesgo lo asume en última instancia el proveedor, y el precio se fija al principio del contrato, dos beneficios para la ANDE que avanza con el capital privado⁴⁷⁰. Si bien estas leyes son prometedoras, requieren que el país desarrolle su capacidad en materia de contratación pública, y el gobierno debe tener en cuenta que la ley de garantías no le otorga inmunidad soberana en caso de incumplimiento.

A pesar de estas leyes, la participación privada en el desarrollo del sector eléctrico es mínima. Por ejemplo, hasta la fecha no se ha aprobado ningún proyecto de PPI para la generación de electricidad. Si bien no hay una necesidad inmediata de que los PPI entren en el mercado debido al actual exceso de oferta, Paraguay debería considerar la posibilidad de recurrir a los PPI por dos razones principales. En primer lugar, a medida que la demanda del país se acerca a la oferta, la financiación pública de los proyectos de generación podría llevar tiempo o ser demasiado costosa de conseguir dada la creciente deuda de la ANDE (1.400 millones de dólares a abril de 2021)⁴⁷¹. En segundo lugar, los PPI pueden permitir a Paraguay seguir exportando electricidad, lo que, si se hace a precios competitivos, puede proporcionar otra fuente de ingresos para la descarbonización.

Financiación con bonos verdes

⁴⁶⁸ ANDE, *Memoria Anual 2019*.

⁴⁶⁹ “Paraguay: Pioneer in Renewable and Hydroelectric Energy Supply”, *Leading Edge*, 16 de marzo de 2018, <https://www.leadingedgeguides.com/guide-paraguay-2018-hydroelectric-energy-supply/>.

⁴⁷⁰ “Financiamiento Alternativo de Inversión Pública”, Sistema Nacional de Inversión Pública de Paraguay, http://snip.hacienda.gov.py/Snip_Web/portal/financiamiento.html#:~:text=En%20este%20contexto%2C%20Paraguay%20ha%20promulgado%20dos%20le-yes%3A&text=%2D%20Ley%20N%C2%BA%205074%2F13%3A.%22Proyectos%20Llave%20en%20Mano%22.

⁴⁷¹ ABC Color, “Deuda de la ANDE asciende a US\$ 1.402 millones”.

Para ayudar a superar las barreras financieras, la ANDE podría emitir bonos verdes como mecanismo de financiación. A diferencia de los bonos vainilla, los bonos verdes suelen estar vinculados a proyectos respetuosos con el medio ambiente. Para la ANDE, la financiación de la generación, transmisión y distribución de energía renovable con bonos verdes podría suponer un incentivo para la inversión internacional en el futuro verde de Paraguay. Para ello, sería útil que la ANDE fuera auditada y recibiera una calificación crediticia, que por ahora no existe, ya que la ANDE se financia en gran parte con bonos soberanos.

En conjunto, el número de bonos verdes en América Latina ha aumentado considerablemente en los últimos años⁴⁷². En particular, varias empresas de servicios públicos de toda Sudamérica han adoptado los bonos verdes como un mecanismo financiero adicional. AES Gener, una empresa chilena de servicios eléctricos, emitió 450 millones de dólares en bonos verdes en 2019, utilizando una parte de los ingresos para refinanciar parcialmente su deuda de proyecto pendiente y financiar la adquisición de un parque eólico de 110 MW. Se han emitido bonos verdes similares en Perú y Brasil, y el interés está aumentando también en Colombia⁴⁷³.

Si bien los bonos verdes pueden ser instrumentos eficaces para promover la financiación de infraestructuras sostenibles⁴⁷⁴, sus tasas podrían no ser atractivas para los países de renta media como Paraguay en comparación con los préstamos concesionales de los bancos multilaterales. Sin embargo, la evidencia muestra que los bonos verdes se negocian con rendimientos más bajos (entre 20 y 30 puntos básicos) que los bonos convencionales en el mercado primario⁴⁷⁵.

Bonos en moneda local

Los fondos de pensiones locales también pueden convertirse en actores de la financiación local de infraestructuras y permitir la reducción del riesgo de cambio. Sin embargo, los fondos de pensiones locales, como la Caja Fiscal, que depende del Ministerio de Hacienda para su estrategia de inversión, no están apalancados para este fin⁴⁷⁶. La participación de los fondos de pensiones y las inversiones institucionales en la financiación de capital puede, en particular, permitir el desarrollo de bonos para proyectos de infraestructura, emitidos por una entidad de propósito especial para un proyecto independiente y reembolsados con los flujos de caja de dicho proyecto. En varios países, estos bonos están libres de impuestos y presentan una oportunidad más atractiva que los depósitos bancarios, en

⁴⁷² Iniciativa de Bonos Climáticos, “Latin America & Caribbean Green Finance State of the Market 2019” (Iniciativa de Bonos Climáticos, PNUD y BID, 2019), https://www.climatebonds.net/files/reports/cbi_lac_sotm_19_web_02.pdf.

⁴⁷³ Fitch Wire, “Chilean Utility Green Bond Emerges With Focus On Climate Change”, *FitchRatings*, 10 de octubre de 2019, <https://www.fitchratings.com/research/corporate-finance/chilean-utility-green-bond-emerges-with-focus-on-climate-change-10-10-2019>.

⁴⁷⁴ Siempre que los bonos verdes se emitan de acuerdo con los Principios de los Bonos Verdes, a los que se hace referencia aquí: “Green Bond Principles (GBP)”, International Capital Market Association, [https://www.icma-group.org/sustainable-finance/the-principles-guidelines-and-handbooks/green-bond-principles-gbp/#:~:text=The%20Green%20Bond%20Principles%20\(GBP,issuance%20of%20a%20green%20bond](https://www.icma-group.org/sustainable-finance/the-principles-guidelines-and-handbooks/green-bond-principles-gbp/#:~:text=The%20Green%20Bond%20Principles%20(GBP,issuance%20of%20a%20green%20bond).

⁴⁷⁵ Julia Kapraun y Christopher Scheins, *(In)-Credibly Green: Which Bonds Trade at a Green Bond Premium?* (Comisión Europea, 2019), https://ec.europa.eu/jrc/sites/jrcsh/files/4_2_kapraun_paper.pdf.

⁴⁷⁶ “Institutional Strengthening of the Pension Systems Under the Ministry of Finance”, Germany Trade and Invest (GTAI), 2020, <https://www.gtai.de/resource/blob/220276/30da3d36b94ea537d1842c2d326ceb23/pro202002175011-data.pdf>.

los que suelen invertir los inversores institucionales⁴⁷⁷. Para la ANDE, el acceso al mercado de capitales nacional mitigará el riesgo de cambio y probablemente reducirá el costo del capital. Los donantes tienen facilidades para ayudar a los gobiernos a crear un mercado de bonos gubernamentales locales con liquidez, lo que creará una mayor confianza en el mercado de bonos para la emisión de bonos corporativos y de proyectos⁴⁷⁸.

7.3.3 Mejora del marco normativo para las finanzas sostenibles

Recientemente, Paraguay ha experimentado un fuerte resurgimiento de la productividad económica, sofocado ligeramente en 2019 debido a los efectos indirectos de Argentina, que llevaron a un crecimiento del PIB casi nulo. En la época relativamente más arriesgada entre 2003 y 2008, Paraguay consolidó su sector bancario, obligando a los bancos problemáticos a cerrar o a reducir su tamaño de forma significativa. Como resultado, la confianza en los mercados financieros locales ha permitido una importante profundización de los mecanismos financieros, como lo demuestra el aumento de la relación crédito/PIB en casi un 20% entre 2010 y 2020⁴⁷⁹.

Como resultado de esta consolidación, la tasa de morosidad de los préstamos se redujo significativamente a mediados de 2004 y desde entonces se ha mantenido relativamente baja (hasta el 3%). Paraguay mantiene un mercado interno bastante estable para la inversión y el uso de la financiación bancaria local para proyectos como el desarrollo de infraestructuras⁴⁸⁰.

Para que Paraguay logre la descarbonización neta en 2050, serán fundamentales tanto la estabilidad financiera como un mercado fuerte para la inversión privada. Sin embargo, sin una estructura financiera bien regulada y en sintonía con la sostenibilidad, a Paraguay le resultará difícil orientar al sector privado hacia el cumplimiento. La regulación financiera puede contribuir a la transición hacia la descarbonización. Seis categorías clave de instrumentos regulatorios proporcionan los impactos esperados para promover esta descarbonización, resaltados en la Tabla 36 a continuación.

Aumentar la concienciación y la divulgación, así como mejorar la estabilidad y la responsabilidad financiera en toda la economía, son objetivos tradicionales de la regulación financiera. Por otro lado, canalizar el crédito hacia proyectos verdes es un ejemplo de regulación financiera crítica que aborda activamente las políticas económicas necesarias para la descarbonización. Al mezclar estos dos grupos de regulación financiera, el Gobierno de Paraguay puede dar cabida a una fase de transición

⁴⁷⁷ Fondo Monetario Internacional (FMI) y Grupo del Banco Mundial, “Staff Note for the G20 International Financial Architecture Working Group (IFAWG): Recent Developments on Local Currency Bond Markets in Emerging Economies” (Riyadh: Grupo del Banco Mundial, 2020), <http://documents1.worldbank.org/curated/en/129961580334830825/pdf/Staff-Note-for-the-G20-International-Financial-Architecture-Working-Group-IFAWG-Recent-Developments-On-Local-Currency-Bond-Markets-In-Emerging-Economies.pdf>.

⁴⁷⁸ Las iniciativas existentes, como el Programa J-CAP del Grupo del Banco Mundial, la Iniciativa para la Reforma y el Fortalecimiento del Sector Financiero (FIRST), el Servicio de Gestión de la Deuda II y III del FMI/Banco Mundial y el Programa de Gestión de la Deuda Pública y el Riesgo de Suiza, han reforzado recientemente los esfuerzos de asistencia técnica para crear un mercado de bonos públicos en los países emergentes o de bajos ingresos. Los BMD han llegado a emitir bonos en moneda local para catalizar el desarrollo de los mercados de capitales. Desde 2005, el BID ha apoyado 175 transacciones en varias monedas locales (México, Colombia, Perú, Brasil, Chile, Uruguay, Costa Rica, Jamaica, República Dominicana y Trinidad y Tobago), por un valor de más de 7.200 millones de dólares. FMI y Grupo del Banco Mundial, “Staff Note for the G20 International Financial Architecture Working Group (IFAWG)”.

⁴⁷⁹ Bas Bakker, Natasha Che y Alex Ho, *Paraguay: Selected Issues* (Washington D.C.: FMI, 2019), <https://www.imf.org/en/Publications/CR/Issues/2019/04/30/Paraguay-Selected-Issues-46839>.

⁴⁸⁰ Bakker, Che y Ho, *Paraguay: Selected Issues*.

suave, haciendo hincapié en la inversión y la financiación sostenibles tanto en el ámbito medioambiental como en el social⁴⁸¹.

En diciembre de 2018, el Banco Central de Paraguay dio el primer paso en la dirección correcta y aprobó una guía para que la Gestión Social y de Riesgos Ambientales se integre dentro del análisis de riesgo crediticio de las instituciones financieras (IF) (ver Cuadro 12).

Cuadro 12: Directrices del Banco Central para un sistema A&S en las IF

“Un sistema bien diseñado de gestión de riesgos ambientales y sociales (A&S) debe incluir, como mínimo, lo siguiente

- Definición de los objetivos de la política A&S de la IF y el compromiso de la Alta Dirección y del Consejo de Administración para implementar los mecanismos necesarios para mitigar los riesgos A&S
- Definición de las normas que la IF espera que adopten sus clientes, incluida la verificación del cumplimiento de los requisitos normativos aplicables en materia medioambiental, social, sanitaria, de seguridad y laboral.
- Diseño de procedimientos y criterios para identificar, evaluar y gestionar sistemáticamente los riesgos ambientales y sociales asociados al cliente o al proyecto.
- Formación y orientación para que el personal comprenda el impacto potencial de los riesgos A&S en la cartera de las IF, y así gestionarlos operativamente.
- Procedimientos establecidos para que las IF verifiquen y documenten las medidas de mitigación aplicadas por sus clientes”.

Fuente: Resolución 8, Ley 78⁴⁸².

Tabla 36: Papel de la regulación financiera en la descarbonización

6 Categorías de instrumentos	Varios impactos esperados en la transición hacia la baja emisión de carbono
1. Aumentar la concienciación	
1.1 Señalización	Aumentar el conocimiento de la gobernanza de las instituciones financieras
1.2 Compromiso de supervisión	Evaluación inicial de la exposición al riesgo climático y seguimiento por parte de las entidades financieras
1.3 Investigación	1.3.1 Evaluación inicial de la exposición sectorial al riesgo climático 1.3.2 Los reguladores financieros deben contribuir a la curva de aprendizaje colectivo
2. Mejorar la divulgación	
	2.1.1 Empresas no financieras: ayudar a corregir los fallos del mercado 2.1.2 Instituciones financieras: aumentar la disciplina del mercado

⁴⁸¹ Michel Cardona y Maria Eduarda Berenguer, *¿Qué papel tiene la regulación financiera para ayudar a la transición hacia el bajo carbono?* (I4CE, 2020), <https://www.i4ce.org/download/what-role-for-financial-regulation-to-help-the-low-carbon-transition/>.

⁴⁸² Véase el Apéndice E.

3. Integrar el cambio climático en la responsabilidad fiduciaria	
	Llevar a los gestores y propietarios de activos a integrar el cambio climático en su proceso de decisión de inversión
4. Garantizar la estabilidad microfinanciera	
4.1 Pilar 1 – Normas prudenciales de los bancos	Los bancos deben integrar los riesgos climáticos en sus sistemas de gestión de riesgos y aumentar su resistencia
4.2 Pilar 2 – Pruebas de resistencia climática y revisión supervisora	4.2.1 Que los bancos evalúen su capacidad de resistencia frente al cambio climático en escenarios de tensión 4.2.2 Permitir que el examen de supervisión de los bancos integre los riesgos del cambio climático 4.2.3 Proporcionar análisis de escenarios prospectivos
5. Garantizar la estabilidad macrofinanciera	
5.1 Macropruebas	Evaluar los posibles riesgos derivados del cambio climático
5.2 Buffer de capital anticíclico	Aumentar el capital del banco para mitigar la acumulación de riesgo sistémico y reforzar la resistencia del banco al riesgo sistémico
6. Canalizar el crédito de la ceja a las actividades verdes	
	6.1.1 Ayudar a los actores financieros a alinearse con la transición a una economía baja en carbono 6.1.2 Incentivar la asignación de capital en actividades verdes

Fuente: Elaboración propia a partir de datos del I4CE⁴⁸³.

En mayo de 2019, la mesa de finanzas sostenibles del país⁴⁸⁴ se adhirió a los Principios de la Banca Responsable de la UNEP FI. A la luz de estos logros recientes, la CFI, como parte de su Red de Banca Sostenible, analizó el progreso continuo de Paraguay hacia las iniciativas de banca sostenible en 2019. Según este análisis de la CFI, Paraguay está ahora en el proceso de implementación de su política de finanzas sostenibles. Sin embargo, la CFI recomienda ajustes a las políticas de finanzas sostenibles de Paraguay para canalizar más las finanzas hacia inversiones verdes y sociales.

La CFI recomienda alinearse con las normas ambientales y sociales globales, haciendo referencia a las normas internacionales establecidas y estableciendo requisitos para formular estas políticas en Paraguay. Además, para alinearse con la NDC de Paraguay, la CFI recomienda definir los principales riesgos climáticos para el sector financiero. En cuanto al Financiamiento Climático y Verde, recomienda estructurar definiciones y ejemplos de lo que son activos verdes y activos sociales o sostenibles.

⁴⁸³ Cardona y Berenguer, ¿Qué papel tiene la regulación financiera para ayudar a la transición hacia el bajo carbono?.

⁴⁸⁴ “Actividades”, Mesa de Finanzas Sostenibles, <http://www.mfs.org.py/en/activities/>.

Además, Paraguay necesita establecer directrices para la presentación de informes y la supervisión de estos activos, así como incentivos para la financiación verde⁴⁸⁵. Por ejemplo, al ofrecer cupones condicionales en el ciclo de vencimiento de los bonos, los bancos pueden incentivar a las empresas privadas de Paraguay para que cumplan los objetivos de sus proyectos de inversión: por ejemplo, una disminución garantizada de la tasa de los cupones en 25 puntos básicos si un proyecto no cumple con una determinada capacidad de energía solar instalada dentro de la vida del proyecto. Estos incentivos financieros de un sector privado floreciente en Paraguay ayudarán a avanzar hacia un mayor nivel de sostenibilidad⁴⁸⁶.

La CFI también recomienda establecer una sólida gobernanza centralizada para supervisar la integración y la divulgación de los aspectos ASG⁴⁸⁷.

7.3.4 Implementación de la tarificación del carbono adaptada a Paraguay

Impuesto sobre el combustible

En todo el mundo, hay ahora 64 iniciativas de fijación de precios del carbono (tres veces más que hace diez años) que están aplicadas o programadas, y que cubren el 22% de las emisiones mundiales de GEI (casi cinco veces más que hace diez años)⁴⁸⁸. En América Latina, cinco países han desarrollado impuestos sobre el carbono: Argentina, Chile, Colombia, Costa Rica y México. Mientras que el impuesto al carbono de Chile no se aplica a los combustibles líquidos, Argentina, Colombia, Costa Rica y México tienen impuestos a los combustibles líquidos que constituyen una parte de sus políticas de fijación de precios del carbono. Estos impuestos sobre los combustibles, que se añaden al costo del combustible en el surtidor por litro, tienen por objeto incentivar la disminución del consumo de combustible. Los precios varían según el país: un impuesto de aproximadamente 0,33 dólares por litro en Costa Rica⁴⁸⁹, 0,12 dólares por litro en Argentina⁴⁹⁰, 0,05 dólares por litro en Colombia⁴⁹¹ y 0,02 dólares por litro en México⁴⁹². En caso de que Paraguay adopte un impuesto sobre el combustible para mitigar las emisiones de GEI, deberá realizarse un análisis considerable para establecer un tipo impositivo

⁴⁸⁵ Red de Banca Sostenible, *Informe de Progreso del País: Paraguay* (IFC, 2019), https://www.ifc.org/wps/wcm/connect/6b03f2af-6557-4956-9480-3d30eb7d9fa1/SBN+country+reports_country+with+framework_Paraguay.pdf?MOD=AJPERES&CVID=mSRqV2W.

⁴⁸⁶ Mauricio Cárdenas y José Guzmán Ayala, *Planning a Sustainable Post-Pandemic Recovery in Latin America and the Caribbean* (PNUD, 2020), https://www.latinamerica.undp.org/content/rblac/en/home/library/crisis_prevention_and_recovery/planeando-una-recuperacion-sostenible-para-la-pospandemia-en-ame.html.

⁴⁸⁷ Red de Banca Sostenible, *Informe de Progreso del País: Paraguay*.

⁴⁸⁸ Marissa Santikarn, Angela Kallhauge, Suneira Rana, Daniel Besley, Joseph Pryor, Maurice Quant, Long Lam, Jialiang Zhang, Louis Mark, Cara Merusi y Ian Trim, *State and Trends of Carbon Pricing 2020* (Washington D.C.: Banco Mundial, 2020), <https://openknowledge.worldbank.org/bitstream/handle/10986/33809/9781464815867.pdf?sequence=4&isAllowed=y>.

⁴⁸⁹ El promedio de gasóleo y gasolina utilizando el tipo de cambio del 13 de julio de 2021 se puede encontrar aquí: http://www.pgrweb.go.cr/SCIJ/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_texto_completo.aspx?param1=NRTC&nValor1=1&nValor2=46631&nValor3=99456&strTipM=TC.

⁴⁹⁰ OCDE, "Taxing Energy Use 2019: Country Note – Argentina" (OCDE, 2019), <https://www.oecd.org/countries/argentina/taxing-energy-use-argentina.pdf>.

⁴⁹¹ OCDE, "Taxing Energy Use 2019: Country Note – Colombia" (OCDE, 2019), <https://www.oecd.org/countries/argentina/taxing-energy-use-colombia.pdf>.

⁴⁹² OCDE, "Taxing Energy Use 2019: Country Note – Mexico" (OCDE, 2019), <https://www.oecd.org/countries/argentina/taxing-energy-use-mexico.pdf>.

adecuado sobre el combustible que sea lo suficientemente alto como para provocar un cambio de comportamiento y lo suficientemente bajo como para ser políticamente viable⁴⁹³.

Cap and Trade (tope y comercio)

Los sistemas de tope y comercio limitan la cantidad total de emisiones de GEI disponibles. En consecuencia, para que las entidades privadas emitan GEI, deben obtener (ya sea mediante subasta, asignación gratuita o comercio) certificados de emisión. El actual sistema de límites máximos y comercio de Paraguay permite la obtención de certificados ambientales, pero no establece un límite; no hay ningún incentivo real para comerciar con los certificados ni existe un medio por el que el Gobierno de Paraguay pueda recuperar los ingresos procedentes de la subasta y la venta de certificados. Si se reforma el sistema de tope y comercio de certificados ambientales (véase el capítulo 5) para hacerlo más eficaz, los certificados podrían distribuirse mediante subastas, lo que podría aumentar los ingresos del Estado.

Colombia es el único país conocido que lleva a cabo el proceso en América Latina. La empresa de electricidad, EPM, subastó 20 bloques de 100.000 certificados de reducción de emisiones por un total de 2 millones de toneladas de CO₂e a finales de marzo de 2021. Los ingresos resultantes ayudarán a compensar los costos de infraestructura y mantenimiento asociados a la nueva instalación hidroeléctrica de 2400 MW de Ituango. Una estructura similar ayudaría a obtener ingresos para el desarrollo de nuevas infraestructuras en Paraguay⁴⁹⁴.

Para que el impuesto sobre los carburantes y un sistema más estricto de subasta de certificados ambientales sean políticamente viables, la recaudación debería redistribuirse entre los hogares, como ya se hace en Canadá⁴⁹⁵ o Costa Rica⁴⁹⁶. La redistribución podría, por ejemplo, incentivar la compra de electrodomésticos eficientes o animar a los terratenientes a proteger los bosques.

Cuadro 13: Costa Rica: Reciclaje del impuesto sobre los combustibles en una asignación fiscal para proteger los bosques

Costa Rica creó el Fondo Nacional Forestal (FONAFIFO)⁴⁹⁷ para invertir el dinero recaudado por el impuesto a los combustibles fósiles en esfuerzos de conservación de bosques maduros, reforestación

⁴⁹³ Como se discutió en la Conferencia sobre “Recuperación Verde - Apertura”, 24 de junio de 2021, Panel: Como financiar cuando no hay espacio fiscal.

⁴⁹⁴ Bnamericas, “EPM will contribute to Offset 2 million tons of CO₂ with the Auction of Emission Reduction Certificates”, comunicado de prensa, 11 de marzo de 2021, <https://www.bnamericas.com/en/news/epm-will-contribute-to-offset-2-million-tons-of-co2-with-the-auction-of-emission-reduction-certificates>.

⁴⁹⁵ United States Environmental Protection Agency Office of Air and Radiation, *Tools of the Trade: A Guide to Designing and Operating a Cap and Trade Program for Pollution Control* (EPA, 2003), <https://www.epa.gov/sites/production/files/2016-03/documents/tools.pdf>; Dana Krechowicz, “The Effect of Carbon Pricing on Low-Income Households, and Its Potential Contribution to Poverty Reduction” (Sustainable Prosperity, 2011), <https://institut.intelliprospe-rite.ca/sites/default/files/effect-carbon-pricing-low-income-households-and-its-potential-contribution-poverty-reduction.pdf>.

⁴⁹⁶ Edward B. Barbier, Ricardo Lozano, Carlos Manuel Rodríguez y Sebastián Troeng, “Adoptar un Impuesto sobre el Carbono para Proteger los Bosques Tropicales”, *Nature* (12 de febrero de 2020), <https://www.nature.com/articles/d41586-020-00324-w>.

⁴⁹⁷ “FONAFIFO”, Fonafio, <http://www.fonafifo.go.cr>.

con especies nativas o exóticas y sistemas agroforestales que utilizan una mezcla de árboles y cultivos o pastizales. A partir de 2020, los fondos anuales generados por los impuestos sobre los combustibles fósiles ascienden a 26,5 millones de dólares y se destinan a unas 18.000 personas, incluidas las poblaciones indígenas⁴⁹⁸. De tener la mayor tasa de deforestación del mundo en la década de 1980, Costa Rica consiguió duplicar la cubierta forestal entre 1986 y 2013⁴⁹⁹.

Paraguay también podría aprovechar los Programas de Subastas Climáticas del Banco Mundial para incentivar a las empresas con sede en Paraguay a reducir las emisiones. El Programa de Subastas Climáticas del Banco Mundial ofrece un Modelo de Subasta Climática como componente marco de su Servicio de Subastas Piloto (PAF), un conjunto de herramientas y técnicas piloto para los países emergentes interesados en incentivar a las empresas a adoptar prácticas orientadas a la acción climática. El modelo consta de tres elementos principales⁵⁰⁰:

1. Un conjunto de garantías de precio para los futuros resultados climáticos que se determinarán mediante subasta. En esencia, esto permite a las empresas privadas vender los certificados que se compraron en la subasta de nuevo al PAF a un precio predeterminado para mantener la liquidez de los certificados.
2. Los fondos sólo se desembolsan una vez que los resultados climáticos se han verificado de forma independiente.
3. El riesgo se reparte entre los sectores público y privado de forma que los compradores de certificados del sector privado deben pagar por adelantado los certificados antes de que se fije el precio de garantía. Esto proporciona un mayor incentivo para el seguimiento de las reducciones de emisiones y los resultados climáticos.

7.3.5 Evaluación del espacio fiscal para la emisión de bonos en el período posterior a COVID-19

En respuesta a la pandemia de COVID-19, el Gobierno de Paraguay suspendió la aplicación de algunas disposiciones de la LFR, apoyando en cambio un paquete fiscal equivalente al 4% del PIB del país. De este modo, el país asignó fondos de emergencia para el alivio fiscal de las dificultades económicas resultantes de los paros inducidos por el COVID. La distribución se hizo de acuerdo con la Ley n° 6524/2020 e incluye un presupuesto de 1.600 millones de dólares (10.211 millones de PYG)⁵⁰¹. El paquete de recuperación no incluye ninguna disposición para promover el crecimiento verde, lo que supone una oportunidad perdida para la descarbonización⁵⁰².

⁴⁹⁸ Kiley Price, "Time for a Tropical Carbon Tax, Experts Say", *Conservation.org*, 12 de febrero de 2020, <https://www.conservation.org/blog/time-for-a-tropical-carbon-tax-experts-say#:~:text=Driven%20by%20agriculture%20and%20logging,have%20charted%20a%20different%20course>.

⁴⁹⁹ Barbier et al., "Adoptar un Impuesto sobre el Carbono para Proteger los Bosques Tropicales".

⁵⁰⁰ Banco Mundial, "Climate Auctions Program", Banco Mundial, 2021, <https://www.worldbank.org/en/programs/climate-auctions-program>.

⁵⁰¹ "Los Recursos Públicos son del Pueblo Paraguayo", Rindiendo Cuentas al pueblo Paraguayo, <https://www.rindien-documentas.gov.py>.

⁵⁰² Como se discutió en la Conferencia sobre "Recuperación Verde - Apertura", 24 de junio de 2021, Panel: En qué enfocarse en la recuperación: Experiencia regional.

Los efectos de la pandemia de COVID-19 han hecho que el déficit fiscal aumente del 2,8% en 2019⁵⁰³ al 6,5% del PIB en 2020, según el FMI⁵⁰⁴. Las autoridades planean reducir esta cifra por debajo del límite del 1,5% del PIB una vez que la pandemia haya terminado. En concreto, las autoridades pretenden volver al 3% del PIB en 2021, al 2% en 2022 y al 1,5% en 2023. Aunque la ley de Emergencia Económica del 16 de marzo de 2020 exige volver al umbral del 1,5% para 2024, el Gobierno de Paraguay está invirtiendo mucho en devolver el déficit fiscal al 1,5% para 2023, un año antes⁵⁰⁵.

Para ello, el FMI y otras instituciones internacionales de financiación del desarrollo (Banco Mundial, BID y CAF) están prometiendo una ayuda de emergencia para contrarrestar el déficit que ha provocado la pandemia. Por ejemplo, el FMI está prometiendo 201,4 millones de DEG para este esfuerzo, el 23% del déficit previsto y experimentado⁵⁰⁶.

A corto plazo, para ajustar los presupuestos y minimizar el déficit inducido por el COVID, el Gobierno de Paraguay limitó temporalmente los salarios de todos los miembros del sector público a 37 millones de PYG (unos 5.700 USD al mes) y aplicó recortes salariales del 10% y el 20% para los empleados públicos que tienen salarios superiores a cinco y diez veces el salario mínimo, respectivamente. En total, se espera que estas medidas supongan un ahorro de 52 millones de dólares⁵⁰⁷. Además, el Gobierno espera aumentar los ingresos fiscales en un 0,1% del PIB en 2020 y en un 0,7% del PIB hasta 2023, pero el FMI sugiere que esto podría no ser suficiente⁵⁰⁸.

Si bien el aumento del déficit fiscal puede ser indeseable, la pandemia también ha contribuido a destacar la fortaleza de Paraguay en el mercado de bonos. En abril de 2020, Paraguay vendió 1.000 millones de dólares en bonos soberanos. Con un vencimiento a 10 años y un rendimiento del 4,95%, estos bonos fueron sobresuscritos siete veces⁵⁰⁹. Esta fue la segunda vez en 2020 que Paraguay acudió con éxito al mercado de bonos, ya que la primera vez, en enero de 2020, obtuvo una financiación de 450 millones de dólares⁵¹⁰. La fortaleza de Paraguay en el mercado de bonos es fundamental para contemplar la emisión de más bonos para financiar la descarbonización y asegurar una recuperación verde de la COVID-19. Si bien la ANDE podría emitir bonos verdes de forma útil para generar financiación adicional para la electrificación de la economía, como se ha mencionado anteriormente, debería seguir priorizándose la financiación concesional de las IFD (por ejemplo, la CAF y el BID). Permitir que

⁵⁰³ Fitch Wire, “Paraguay Fiscal Rule Suspension May Herald Permanent Changes”, *FitchRatings*, 22 de abril de 2020, <https://www.fitchratings.com/research/sovereigns/paraguay-fiscal-rule-suspension-may-herald-permanent-changes-22-04-2020#:~:text=A%20severe%20drought%20as%20well,5.9%25%20of%20GDP%20in%202020>.

⁵⁰⁴ Personal de FMI, “Paraguay: Staff Concluding Statement of the 2020 Article IV Mission”, FMI, comunicado de prensa, 17 de noviembre de 2020, <https://www.imf.org/en/News/Articles/2020/11/17/mcs111720-paraguay-staff-concluding-statement-of-the-2020-article-iv-mission>.

⁵⁰⁵ FMI, *Paraguay: Request for Purchase Under the Rapid Financing Instrument*—Press Release; Staff Report; and Statement by the Executive Director for Paraguay, Country Report No. 20/127 (Washington D.C.: IMF, 2020), <https://www.imf.org/en/Publications/CR/Issues/2020/04/22/Paraguay-Request-for-Purchase-Under-the-Rapid-Financing-Instrument-Press-Release-Staff-49359>.

⁵⁰⁶ FMI, *Paraguay: Request for Purchase Under the Rapid Financing Instrument*.

⁵⁰⁷ Laura Gamba, “Paraguay to Cut Public Sector Wages over COVID-19”, *AA*, 31 de marzo de 2020, <https://www.aa.com.tr/en/americas/paraguay-to-cut-public-sector-wages-over-covid-19/1785779>.

⁵⁰⁸ FMI, *Paraguay: Request for Purchase Under the Rapid Financing Instrument*.

⁵⁰⁹ Jo Bruni y Charles Newbery, “Paraguay Acude al Mercado de Bonos para Financiar el Coronavirus”, *LatinFinance*, 24 de abril de 2020, <https://www.latinfinance.com/daily-briefs/2020/4/24/paraguay-comes-to-bond-market-for-coronavirus-funding>

⁵¹⁰ Bruni y Newbery, “Paraguay Acude al Mercado de Bonos para Financiar el Coronavirus”.

Paraguay se endeude “a la misma escala en relación con el PIB y en aproximadamente las mismas condiciones de tipos de interés que los países ricos” requerirá que los BMD, como la CAF y el BID, apoyen la financiación del desarrollo a largo plazo, aprovechando sus condiciones de mercado altamente favorables (como los largos vencimientos y los bajos tipos de interés) y trasladándolas a Paraguay como país receptor⁵¹¹.

Para estimular la recuperación mundial posterior a la crisis, los países de renta alta han podido financiar enormes déficits presupuestarios (en Estados Unidos, en torno al 15% del PIB en 2020 y 2021) a tipos de interés muy bajos, lo que no ha sido posible para los países en desarrollo. La ampliación de la capacidad crediticia de los países de renta alta a los países en desarrollo implicará principalmente el fortalecimiento de los balances de los BMD para que puedan aumentar sustancialmente su flujo de financiación para la recuperación verde y digital. Para ser claros, significa que los socios de Paraguay, incluyendo Estados Unidos, la Unión Europea, China, Japón y otros, deben aumentar sustancialmente su capital pagado a la CAF y al BID para que puedan encabezar un aumento masivo de la financiación para la energía renovable y la digitalización en América Latina en general y en Paraguay en particular. Otros medios –bonos vinculados a los ODM (véase más adelante), alivio de la deuda, canje de deuda por ODM, ayuda bilateral al desarrollo, inversión de impacto, inversión extranjera directa, asociaciones público-privadas, financiación combinada de proyectos y otros tipos de distribución de riesgos– deberían desplegarse junto con los flujos marcadamente mayores de la CAF y el BID⁵¹².

Bonos vinculados a los ODS

Una alternativa a los bonos estándar o verdes son los bonos ligados a los ODS, que están vinculados a determinados Objetivos de Desarrollo Sostenible y metas aprobadas por las Naciones Unidas. Los bancos de desarrollo multilaterales y regionales aportarían capital en condiciones favorables para comprar los bonos y ofrecerían garantías parciales a los inversores privados⁵¹³ para reducir el riesgo asociado a los bonos⁵¹⁴.

El paquete de bonos para los ODS también podría incluir asistencia técnica para garantizar la capacidad de identificar la alineación del país con los ODS y las metodologías para medir el progreso⁵¹⁵.

El Gobierno de México emitió bonos ODS a siete años por 890 millones de dólares en septiembre de 2020. La emisión de bonos ODS financiará proyectos ubicados en 1.345 municipios vulnerables del país, seleccionados por sus bajos índices de alfabetización y asistencia escolar, su alto nivel de carencia de servicios de salud, la falta de inodoros, drenaje o agua entubada en las viviendas, y la ausencia de acceso a la electricidad o a equipos básicos como refrigeradores. Se contará con la participación

⁵¹¹ Jeffrey Sachs, Christian Kroll, Guillaume Lafortune, Grayson Fuller y Finn Woelm, *Sustainable Development Report 2021: The Decade of Action for the Sustainable Development Goals* (Cambridge: Cambridge University Press, junio de 2021), 6–7, <https://www.sustainabledevelopment.report/reports/sustainable-development-report-2021>.

⁵¹² Adaptado de Jeffrey Sachs, Perrine Toledano, Martin Dietrich Brauch, Tehtena Mebratu-Tsegaye y Efosa Uwaifo, *Roadmap to Zero-Carbon Electrification of Africa by 2050: The Green Energy Transition and the Role of the Natural Resource Sector* (minerals, fossil fuels, and land), preparado para el African Natural Resources Center del Banco Africano de Desarrollo, de próxima aparición en septiembre de 2021.

⁵¹³ Como se discutió en la Conferencia sobre “Integración Energética Regional”, 23 de junio de 2021, Panel: Financiando la integración regional.

⁵¹⁴ Cárdenas y Ayala, *Planning a Sustainable Post-Pandemic Recovery in Latin America and the Caribbean*.

⁵¹⁵ Cárdenas y Ayala, *Planning a Sustainable Post-Pandemic Recovery in Latin America and the Caribbean*.

del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), que había trabajado con México en su mapeo presupuestario de los ODS⁵¹⁶.

7.3.6 Preparar la economía para aprovechar el potencial de crecimiento de la economía verde

Si bien es importante prepararse financieramente para la llegada y el establecimiento de la transición energética de descarbonización en Paraguay, la transición en sí tiene un gran potencial para mejorar la economía en general si la fuerza de trabajo está preparada para aprovechar la oportunidad. En un informe de 2018, IRENA identificó a América Latina (excluyendo a Brasil) como la quinta región del mundo con mayor crecimiento del PIB a partir de una transición energética basada en la descarbonización. Para el año 2050, IRENA estima que los países latinoamericanos podrían experimentar un crecimiento adicional del PIB de hasta el 1,7% si se fijan como objetivo la neutralidad del carbono para el año 2050, en comparación con un escenario sin cambios basado en la aplicación de las políticas energéticas actuales. Además, en comparación con este escenario sin cambios, los países latinoamericanos pueden esperar un aumento del 14% en el impacto del bienestar⁵¹⁷ y un aumento del 0,7% en el empleo total⁵¹⁸. Este crecimiento proporcionará naturalmente nuevos ingresos públicos a través de mayores impuestos para financiar la descarbonización.

Para garantizar un crecimiento verde inclusivo, Paraguay debería promulgar políticas laborales y educativas para la reconversión profesional y la mejora de las competencias, y proporcionar asistencia financiera para apoyar a quienes pueden perder a causa de la transición, en particular en los sectores dependientes de los combustibles fósiles.

7.4 Resumen de conclusiones y recomendaciones

1. Es necesario implantar mejores sistemas de gestión de los ingresos, incluyendo la mejora de los mecanismos de gasto y adquisición de ingresos y el aumento de la capacidad de inversión, para garantizar la transparencia y ofrecer oportunidades de control a nivel nacional y subnacional para evitar tanto las fugas de dinero público como para restablecer la confianza en las instituciones gubernamentales. Las iniciativas para destinar el gasto en infraestructuras y capital humano a las exportaciones de electricidad son encomiables, pero deben ejecutarse de forma transparente para garantizar los controles y equilibrios.
2. A la hora de elaborar un programa de financiación para la descarbonización, el gobierno debería realizar una revisión completa de las vías de recaudación de ingresos:

⁵¹⁶ International Institute for Sustainable Development (IISD), “Mexico Issues Sovereign SDG Bond for Most Vulnerable Municipalities”, *IISD: SDG Knowledge Hub*, 22 de septiembre de 2020, <https://sdg.iisd.org/news/mexico-issues-sovereign-sdg-bond-for-most-vulnerable-municipalities>.

⁵¹⁷ Medido por los indicadores económicos (empleo total (directo, indirecto e inducido), consumo e inversión (es decir, el gasto actual más los beneficios futuros de la mejora del stock de capital)), los indicadores sociales (gasto total (público y privado) en educación, y (reducción de) los impactos en la salud de la contaminación atmosférica), los indicadores ambientales ((reducción de) las emisiones de GEI y el agotamiento de los recursos naturales a través del consumo de materiales (medido en el consumo material directo de minerales y biomasa para alimentos y piensos, excluyendo los recursos energéticos de los combustibles fósiles)). IRENA, *Global Energy Transformation: A Roadmap to 2050* (Abu Dhabi: IRENA, 2018), https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2018/Apr/IRENA_Report_GET_2018.pdf.

⁵¹⁸ IRENA, *Global Energy Transformation: A Roadmap to 2050*.

- a. Teniendo en cuenta los ingresos adicionales procedentes del aumento de la electrificación, así como el ahorro derivado de las medidas de eficiencia energética (por ejemplo, la reducción de las pérdidas de distribución, la adopción generalizada de electrodomésticos eficientes).
 - b. Llevar a cabo una revisión fiscal que incluya el análisis de 1) la necesidad de los actuales incentivos fiscales para atraer la inversión, 2) la viabilidad de aumentar la fiscalidad nacional de forma selectiva (incluso mediante un impuesto sobre el combustible y un sistema de tope y comercio de certificados medioambientales con un mecanismo de subasta), y 3) las reformas normativas adicionales necesarias tanto para formalizar la economía como para mejorar el cumplimiento de las obligaciones fiscales.
 - c. Aprovechar su credibilidad financiera en el mercado de bonos para considerar cuidadosamente la emisión de más bonos y priorizar los préstamos concesionales adicionales de los donantes y socios de Paraguay (CAF, BID, Banco Mundial, etc.) en la fase de recuperación de COVID-19. La emisión de bonos verdes y de sostenibilidad podría drenar financiación adicional de los organismos multilaterales. Implicará trabajar con los países de altos ingresos socios de Paraguay para asegurar que los Bancos Multilaterales como la CAF y el BID apoyen la financiación del desarrollo a largo plazo aprovechando sus condiciones de mercado altamente favorables (como los largos vencimientos y las bajas tasas de interés) y trasladándolas a Paraguay como país receptor, permitiendo así que Paraguay se endeude a una escala y en condiciones similares a las que disfrutaban los países desarrollados.
 - d. Disponer de una estrategia de financiación clara para la descarbonización también podría ayudar al gobierno a navegar por la dinámica política y garantizar que la amortización total de la deuda de Itaipú no se traduzca en una reducción de las tarifas de consumo para la economía nacional. Aprovechar los beneficios fiscales (más del 2% del PIB según el FMI) o aumentar el presupuesto de la ANDE sería una mejor vía para apoyar la economía nacional, ya que estos fondos podrían destinarse a la descarbonización.
3. La revisión de los marcos institucionales y jurídicos para atraer y reducir eficazmente el riesgo de la inversión del sector privado en el sector de la electricidad y la energía verde, así como la aplicación y la ampliación de las directrices del banco central para la financiación sostenible con el fin de orientar la inversión del sector privado, también sería un esfuerzo necesario. En particular, el uso de bonos verdes y de los ODS ayudará a orientar la financiación privada hacia proyectos de inversión en infraestructuras más centrados en la sostenibilidad. Hacer hincapié en las tasas de cupones contingentes basadas en los umbrales de sostenibilidad forzará el cumplimiento en las industrias del sector privado dentro de Paraguay. Como explica el último informe de la AIE sobre la transición energética, “la movilización del capital para las infraestructuras a gran escala exige una cooperación más estrecha entre los promotores, los inversores, las instituciones financieras públicas y los gobiernos”⁵¹⁹.
 4. Para orientar el gasto del gobierno, este informe recomienda que Paraguay adopte un plan estratégico de financiación a 30 años para la descarbonización del país, partiendo de un ejercicio macroeconómico que busque priorizar las inversiones e idear políticas fiscales asociadas. Todas las comunidades de Paraguay, tanto urbanas como rurales, deben ser consultadas y sus preocupaciones deben ser atendidas adecuadamente. Los objetivos deben establecerse por incrementos de 10 años. El Marco de Gasto a Mediano Plazo promovido por el FRL debería ser utilizado para guiar una planificación coherente con el proceso presupuestario y hacer que las decisiones de asignación presupuestaria sean más responsables, transparentes y predecibles. El

⁵¹⁹ AIE, *Net Zero by 2050*, 21.

plan debería situar la educación y el desarrollo de las competencias relacionadas con la transición energética en su centro.



ccsi.columbia.edu

Columbia Center on
Sustainable Investment

Jerome Greene Hall
435 West 116th Street
New York, NY 10027
Phone: +1 (212) 854-1830
Email: ccsi@law.columbia.edu

Cita Sugerida

Columbia Center on Sustainable Investment (CCSI), Quadracci Sustainable Engineering Lab at Columbia University y Centro de Recursos Naturales, Energía y Desarrollo (CRECE). *Evaluación y Planificación del Sector Energético del Paraguay: Vías de Descarbonización*. Nueva York: CCSI, noviembre de 2021, <http://ccsi.columbia.edu/content/paraguay-energy>.

Published by the Columbia Center on Sustainable Investment, a leading applied research center and forum dedicated to the study, discussion and practice of sustainable international investment.