



# BID

Banco Interamericano  
de Desarrollo

# Las energías renovables no convencionales

Una herramienta para el acceso universal  
a la energía eléctrica en Paraguay

Autores:

Javier Castillo Antezana

José Sosa

Roberto G Aiello

División de Energía

NOTA TÉCNICA N°  
IDB-TN-2495

Abril 2022



# BID

Banco Interamericano  
de Desarrollo

# Las energías renovables no convencionales

Una herramienta para el acceso universal a la energía eléctrica  
en Paraguay

Autores:

Javier Castillo Antezana

José Sosa

Roberto G Aiello

Banco Interamericano de Desarrollo  
División de Energía

Abril 2022

**Catalogación en la fuente proporcionada por la  
Biblioteca Felipe Herrera del  
Banco Interamericano de Desarrollo**

Las energías renovables no convencionales: una herramienta para el acceso universal a la energía eléctrica en Paraguay / Javier Castillo Antezana, José Sosa, Roberto G. Aiello.

p. cm. — (Nota técnica del BID ; 2495)

Incluye referencias bibliográficas.

1. Renewable energy sources-Paraguay. 2. Electric power-Paraguay. I. Sosa, José. II. Aiello, Roberto (Roberto G.). III. Banco Interamericano de Desarrollo. División de Energía. IV. Título. V. Serie.

IDB-TN-2495

Palabras clave: Energía renovable no convencional, acceso a energía, acceso universal a energía eléctrica

Códigos JEL: O13, P18, P28, Q4, Q42, Q43, Q47

<http://www.iadb.org>

Copyright © [2022] Banco Interamericano de Desarrollo. Esta obra se encuentra sujeta a una licencia Creative Commons IGO 3.0 Reconocimiento-NoComercial-SinObrasDerivadas (CC-IGO 3.0 BY-NC-ND) (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/igo/legalcode>) y puede ser reproducida para cualquier uso no-comercial otorgando el reconocimiento respectivo al BID. No se permiten obras derivadas.

Cualquier disputa relacionada con el uso de las obras del BID que no pueda resolverse amistosamente se someterá a arbitraje de conformidad con las reglas de la CNUDMI (UNCITRAL). El uso del nombre del BID para cualquier fin distinto al reconocimiento respectivo y el uso del logotipo del BID, no están autorizados por esta licencia CC-IGO y requieren de un acuerdo de licencia adicional.

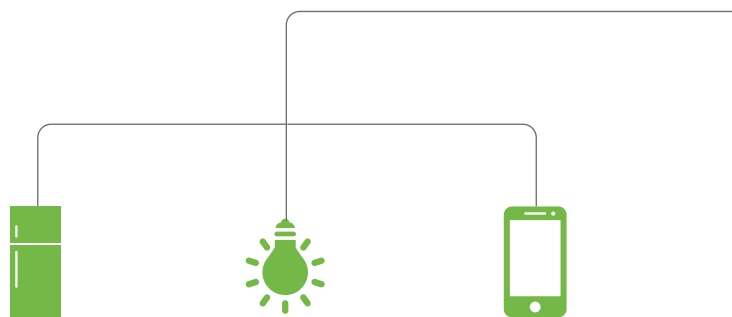
Note que el enlace URL incluye términos y condiciones adicionales de esta licencia.

Las opiniones expresadas en esta publicación son de los autores y no necesariamente reflejan el punto de vista del Banco Interamericano de Desarrollo, de su Directorio Ejecutivo ni de los países que representa.

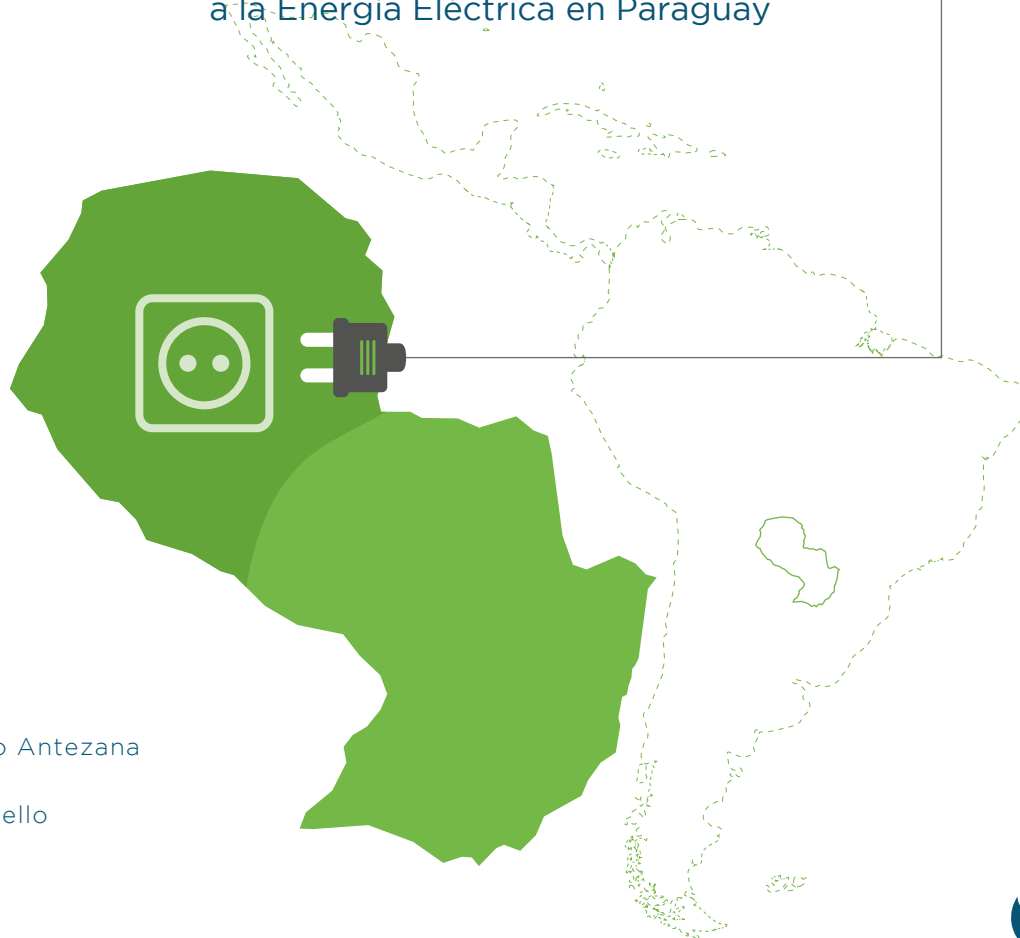




# LAS ENERGÍAS **RENOVABLES** no Convencionales



Una herramienta para el Acceso Universal  
a la Energía Eléctrica en Paraguay



## **Autores**

Javier Castillo Antezana  
José Sosa  
Roberto G. Aiello

Abril 2022



Abril 2022

---

# **LAS ENERGÍAS RENOVABLES NO CONVENCIONALES**

UNA HERRAMIENTA PARA EL ACCESO  
UNIVERSAL A LA ENERGÍA ELÉCTRICA  
EN PARAGUAY

---

## **Autores**

Javier Castillo Antezana  
José Sosa  
Roberto G. Aiello

---

Revisores: Verónica R. Prado

El presente trabajo fue coordinado bajo la responsabilidad de Roberto G. Aiello, Especialista Principal de la División de Energía (ENE) del Banco Interamericano de Desarrollo (BID).

Los autores agradecen a Verónica Rodríguez Prado, Especialista Senior (ENE), por los comentarios recibidos en calidad de revisora.

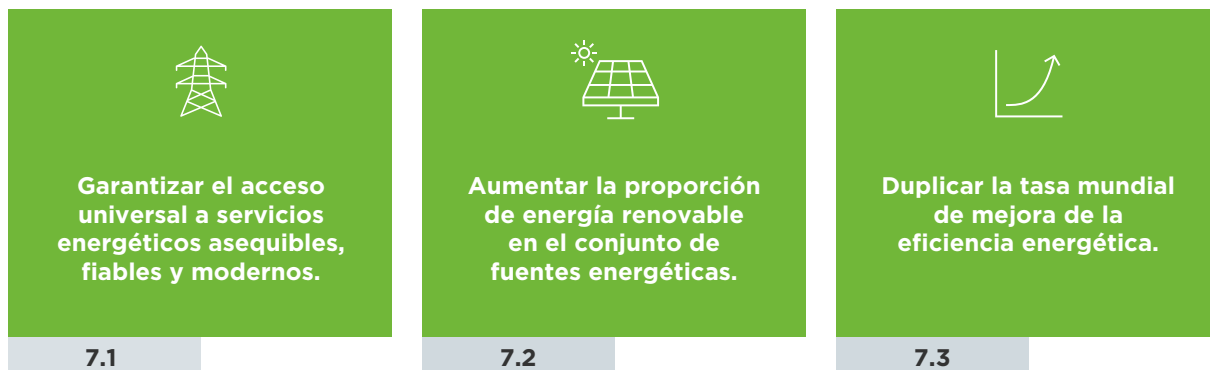


# Resumen Ejecutivo

# 1. Resumen Ejecutivo

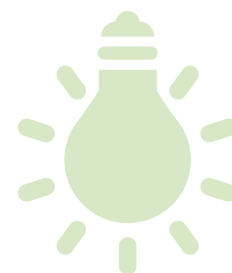
El Objetivo de Desarrollo Sostenible N° 7 (ODS7) de las Naciones Unidas persigue el acceso seguro y asequible a energía sostenible y moderna para todos. En Paraguay, a pesar de la abundante disponibilidad de energía eléctrica renovable, en 2021 cerca de 7.800 hogares aún no tienen acceso a electricidad<sup>1</sup>; además, 451.577 hogares, es decir, el 26% de los hogares a nivel nacional carecen de acceso a medios de cocción limpia (INE 2021).

El ODS7 tiene tres metas principales:



Contar con energía limpia y asequible es vital para el bienestar de las personas, el desarrollo y el ambiente. Tal es así que el ODS 7 es sinérgico con varios otros objetivos (1, 2, 3, 4, 6, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 15, 16, 17) (European Commission 2021). Además, para mitigar el cambio climático como parte del Acuerdo de París, se necesita asegurar que las personas obtengan nuevas fuentes energéticas limpias o bien expandir su acceso, es decir, sinérgico con el ODS 13 “Acción por el Clima” (UN 2021).

1. El país tiene una alta tasa de electrificación (>99 %), pero la brecha se centra en el área rural, principalmente en las comunidades indígenas instaladas en el Chaco paraguayo



En Paraguay, el COVID-19 evidenció la diferencia de respuesta de aquellos que contaban con acceso a la energía versus aquellos que no, una brecha que se agranda en zonas remotas del país, cómo en el Chaco. Por ejemplo, comunidades distantes de los principales centros urbanos (por ej. Asunción, Encarnación, Ciudad del Este) donde los niños no podían acceder a una educación escolar de calidad por falta acceso a la energía eléctrica y falta de conectividad, en tiempos donde, producto de la pandemia, las actividades se trasladaron al entorno virtual. Por ello, en Paraguay los programas de universalización de acceso a energía eléctrica contribuirían a disminuir las brechas sociales y a la recuperación post COVID, propiciando así un desarrollo económico sostenible.

El acceso a la energía no sólo implica que un hogar tenga acceso inicial a electricidad, es decir, una conexión a la red eléctrica. En realidad, existen otros sitios (escuelas, hospitales, etc.) y tipos de uso (por ej. actividades productivas) y acceso a energía limpia para cocción que también son vitales para el desarrollo socio económico sostenible. Los hogares deben poder alimentar un paquete básico de servicios de energía (como mínimo, varias bombillas, carga de teléfono, una heladera, una radio y potencialmente un ventilador o televisión) con el nivel de servicio capaz de crecer con el tiempo. Pero existen distintos grados de acceso que se clasifican según una serie de criterios que miden los atributos del acceso al servicio de energía en cuanto al nivel de suministro y usos (Bhatia y Angelou 2015), tal como lo considera el enfoque propuesto por el Banco Mundial (Multi-tier Framework).

Los servicios energéticos son fundamentales para el bienestar humano y el desarrollo económico de un país. El acceso a la energía moderna es esencial para la provisión de agua potable, saneamiento y atención médica; para la provisión de servicios de iluminación, calefacción, cocina, energía mecánica, transporte, telecomunicaciones confiables y eficientes, y demás aspectos de la economía.

En ese sentido, el BID está apoyando a Paraguay con asistencia técnica para el desarrollo de un plan de acceso universal a la energía para que el servicio eléctrico llegue a las poblaciones que aún no cuentan con él. Al mismo tiempo, la asistencia técnica incluye el diseño de dos plantas con energías renovables no convencionales en la Administración Nacional de electricidad (ANDE): una en la comunidad indígena de Puerto Esperanza (Bahía Negra) con alrededor de 1.000 habitantes, sin acceso a energía, y otra experimental en el predio de la central hidroeléctrica Acaray con fines académicos y de capacitación en nuevas tecnologías como la solar fotovoltaica en tierra y flotante, eólica, baterías de almacenamiento y generación de back up a hidrógeno verde.



# CONTENIDO

<b>Capítulo I. Acceso a la Energía en Paraguay</b>	<b>9</b>
1 Acceso a la Electricidad	10
2 Acceso a cocción limpia	16
<b>Capítulo II. Las Energía Renovables no Convencionales (ERNC)</b>	<b>18</b>
3 Marco legal e Institucional	19
4 Oportunidades para el desarrollo de las ERNC	21
<b>Capítulo III. Cerrando las Brechas de Acceso con las ERNC</b>	<b>23</b>
5 Plan de Acceso Universal a la Electricidad	24
5.1 Conceptos generales	24
5.2 La solución por implementarse	26
5.3 Ejemplo de implementación	26
6 El caso de Puerto Esperanza	27
6.1 El problema	27
6.2 La solución por implementarse	28
6.3 Medidas complementarias propuestas	30
7 Planta Piloto demostrativa Acaray	31
7.1 Diagnóstico	32
7.2 La solución por implementarse	32
8 Discusiones Finales	35
<b>Referencias</b>	<b>37</b>

## Lista de Figuras

Figura 1.	
Acceso a electricidad (%). Año 2020	15
Figura 2.	
Mapa eléctrico de Paraguay. Año 2020	15
Figura 3.	
Estructura organizacional acotada del sector energía en Paraguay.	20
Figura 4.	
Mapa de Energía Solar Media Anual Acumulada - (kWh/m <sup>2</sup> - año)	21
Figura 5.	
Evaluación de la velocidad del viento en tierra	22
Figura 6.	
Los beneficios de contar con un Plan	25
Figura 7.	
Actores vinculados al Plan de Acceso Universal	26
Figura 8.	
Ubicación de la Comunidad Puerto Esperanza	27
Figura 9.	
Diagrama Sistema ON-GRID Híbrido	28
Figura 10.	
Ubicación y dimensiones aproximadas campo Fotovoltaico Puerto Esperanza	30
Figura 11.	
Panorámica Central Acaray, Paraguay	32

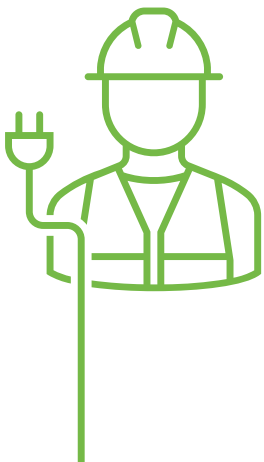
## Lista de Gráficos

Gráfico 1.	
Consumo de energía eléctrica per cápita kWh/hab. Año 2019.	11
Gráfico 2.	
Evolución de los indicadores SAIDI y SAIFI. Periodo 2015-2020	12
Gráfico 3.	
Evolución de la cantidad de hogares sin acceso a electricidad. (2010-2020)	13
Gráfico 4.	
Pérdidas eléctricas en países seleccionados de la ALC. Año 2020	13
Gráfico 5.	
Evolución del sistema de transmisión	14
Gráfico 6.	
Evolución del sistema de distribución	14
Gráfico 7.	
Participación del tipo de combustible utilizado para cocinar en los hogares paraguayos	16
Gráfico 8.	
Consumo de leña per cápita (tonelada por hábitante). Año 2018	17
Gráfico 9.	
Aspectos que componen un Plan de Acceso Universal	25
Gráfico 10.	
Diagrama conceptual Planta Piloto demostrativa Fotovoltaica Acaray	33

## Lista de Tablas

Tabla 1. Diferentes tipos de bien duradero con que cuenta los hogares en Paraguay	11
Tabla 2. Evolución del sistema de transmisión y distribución de energía eléctrica	14
Tabla 3. Indicadores de acceso a electricidad en los hogares. Año 2020	14
Tabla 4. Combustible principal que se utiliza para cocinar en los hogares en zonas rurales. Año 2021	17
Tabla 5. Consumos estimados para Puerto Esperanza	28
Tabla 6. Costos estimados de Inversión Planta Puerto Esperanza	29
Tabla 7. Medidas de eficiencia energética	31
Tabla 8. Demanda estimada de la planta demostrativa Acaray.	33
Tabla 9. Resumen de las características de la planta piloto en Acaray	34
Tabla 10. Requerimientos de desempeño de la planta piloto	35

# CAPÍTULO 1



Acceso a la  
Energía en Paraguay

## Acceso a la Energía en Paraguay

El acceso a la energía en el pasado era considerado prácticamente sólo un sinónimo de hogares con conexión a electricidad. Sin embargo, esta definición deja por fuera muchas cuestiones, tales como el acceso a la energía en otras formas, o el abastecimiento de energía para otras actividades también esenciales para un desarrollo socioeconómico sostenible, incluso, deja por fuera atributos de cantidad, disponibilidad y calidad del suministro de la energía.

Buscando redefinir el acceso de la energía, el Banco Mundial introdujo un enfoque metodológico de multi niveles (multi-tier), de manera a servir como punto de referencia para medir el progreso hacia el objetivo ODS 7.1. Bajo esa definición, el capítulo explora la situación del país en términos de acceso a la energía eléctrica y a cocción limpia de alimentos, siendo éstos dos factores que presentan desafíos en el país.



---

### 1 Acceso a la Electricidad

---

La definición de acceso a la energía ha sido ampliada a modo de cerrar las brechas del enfoque binario tradicional (Bhatia y Angelou 2015). Así se plantea que el acceso a la energía va más allá de la condición de que un hogar tenga conexión eléctrica. Otros sitios de la comunidad (hospitales, escuelas, etc.) también requieren los servicios, al igual que otros tipos de actividades en los hogares: la cocción y el calentamiento, e incluso actividades productivas. Para medir el acceso a la energía bajo este enfoque, se introdujo una metodología (Bhatia y Angelou 2015) que se denomina Multi-Tier Framework y considera que los servicios de energía pueden ser clasificados en seis niveles o Tiers – empezando desde el Nivel 0 (sin servicio) al Nivel 5 (servicio completo). Esto permite capturar la granularidad de los atributos del acceso como: Capacidad, Duración del suministro, Confiabilidad, Calidad, Asequibilidad, Legalidad, y Seguridad. Sin embargo, esta metodología también tiene sus limitaciones porque abre la puerta a que se establezcan condiciones de acceso a la electricidad muy diferentes según el lugar, pero los indicadores que define sirven para ilustrar como se da el acceso a la energía. En cuanto a la capacidad, ésta se relaciona a la cantidad de energía que el sistema es capaz de suministrar a los usuarios para suplir las necesidades. En ese sentido, según (IEA 2020) se espera que en los hogares el acceso a la energía eléctrica permita alimentar un paquete básico de servicios de energía (como mínimo, varias bombillas, carga de teléfono, heladera, una

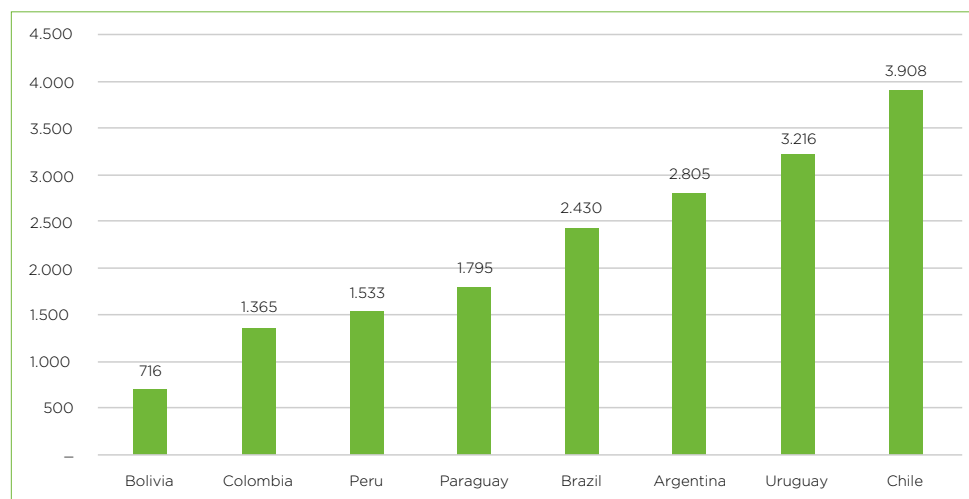
radio y potencialmente un ventilador o televisión) con el nivel de servicio capaz de crecer con el tiempo. En línea con lo anterior, aproximadamente 99,58% de los hogares paraguayos (ver Tabla 3) cuentan con acceso a la energía eléctrica, y se puede asumir que cubren alguno de estos servicios, lo cual se puede inferir con los reportes del Instituto Nacional de Estadísticas (INE) acerca del acceso a los diferentes tipos de bienes duraderos con que cuentan los hogares (ver Tabla 1). Incluso, el nivel de acceso se ha incrementado a lo largo de los años, pero aún existe una brecha en zonas rurales (ver Gráfico 3).

**Tabla 1. Diferentes tipos de bien duradero con que cuenta los hogares en Paraguay<sup>2</sup>**



El consumo de energía eléctrica per cápita en Paraguay, que fue de 1.795 kWh en el año 2019 y de 1.849 kWh en 2020, no es el más elevado de la región. De hecho, se aleja bastante del consumo de los países vecinos con quienes se compare. No obstante, se debe resaltar que el consumo per cápita no es el indicador más apropiado para inferir el servicio que cada individuo obtiene de la energía eléctrica, pero ilustra de forma aproximada el patrón de consumo.

**Gráfico 1. Consumo de energía eléctrica per cápita kWh/hab. Año 2019.**



Nota: Elaboración con base en SieLAC OLADE.

La capacidad del sistema eléctrico en Paraguay para atender la demanda, por lo general, responde correctamente. Según reportes de la ANDE, el día viernes 13 de marzo del año 2020 se registró la demanda máxima (3.563 MW), y el Sistema Interconectado Nacional (SIN) se comportó bajo parámetros normales de funcionamiento (Diario HOY 2021).

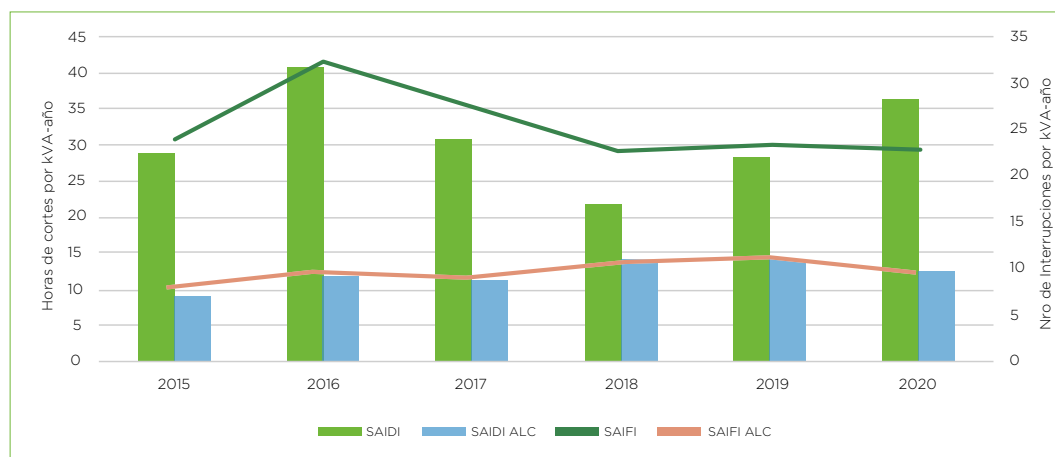
2. En el caso de la tenencia de luminarias y ventiladores, se asumen que los hogares que cuenta con acceso a la electricidad indirectamente tienen acceso a este tipo de bienes, ya que no se disponen datos específicos.

La calidad del suministro, es decir, el mantenimiento de la tensión y la frecuencia en parámetros estables es buena gracias a la inercia mecánica y a los sistemas de control de las grandes centrales hidroeléctricas presentes en el sistema interconectado que permiten absorber las variaciones instantáneas de demanda sin alterar los parámetros de calidad de suministro.

Sin embargo, existen desafíos a la hora de mejorar los indicadores de confiabilidad (System Average Interruption Frequency Index, SAIFI) y duración de suministro (System Average Interruption Duration Index, SAIDI), que no califican bien si consideramos la media regional de aproximadamente 10 horas de cortes por kVA-año, y 12 interrupciones por kVA-año (Banco Mundial 2020a, 2020b). Tanto el SAIDI y el SAIFI de Paraguay se encuentran por encima de la media regional en los últimos 5 años (ver Gráfico 2).

En ese sentido, una serie de obras es requerida para mejorar estos indicadores (por ejemplo, en distribución el reemplazo de conductores convencionales por protegidos en las zonas urbanas, o la instalación de nuevos transformadores con mayor capacidad para aliviar puntos con mayor requerimiento), algo que se viene gestionando y donde el BID ha participado con asistencia técnica y recursos para inversión (Aiello, 2021; BID 2021).

**Gráfico 2. Evolución de los indicadores SAIDI y SAIFI. Periodo 2015-2020**

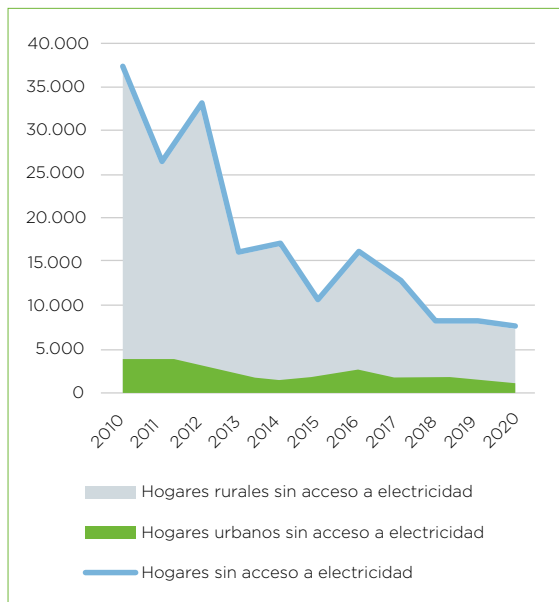


Nota: Extraído de la Memoria de ANDE y del Banco Mundial.

En ese sentido, a pesar de que Paraguay es un país con abundante energía eléctrica, limpia y asequible<sup>3</sup>, todavía enfrenta desafíos en materia de acceso a la energía eléctrica como se puede observar en el Gráfico 3, una realidad propia de ciertas comunidades que se encuentran alejadas de los principales puntos de abastecimiento eléctrico, y que por lo general se enfrentan con mayor frecuencia a cortes prolongados del suministro. Asimismo, a esas distancias se vuelve más complejo el mantenimiento de la calidad del suministro y el control de las conexiones clandestinas. En 2020, la pérdida eléctrica fue de 23,5% siendo la mayor proporción debido a pérdidas no técnicas (ANDE 2021b), relativamente alto en comparación a otros países de la región (ver Gráfico 4).

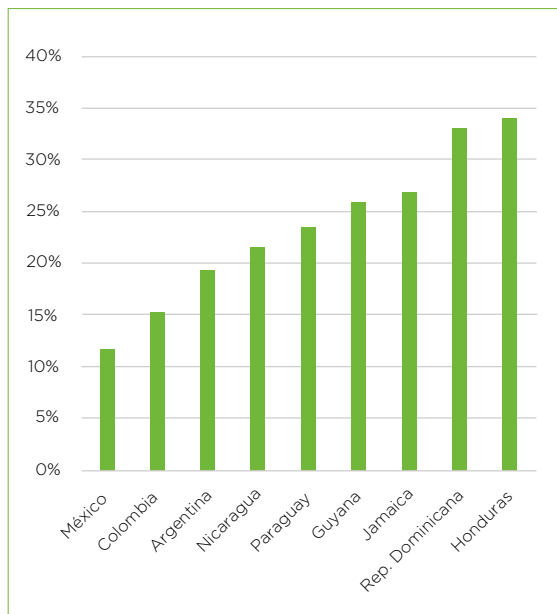
3. La tarifa más baja de la región de acuerdo con reporte del precio de la energía en (OLADE 2020).

**Gráfico 3. Evolución de la cantidad de hogares sin acceso a electricidad. (2010-2020)**



Nota: Elaborado a partir de (INE 2021)

**Gráfico 4. Pérdidas eléctricas en países seleccionados de la ALC. Año 2020**



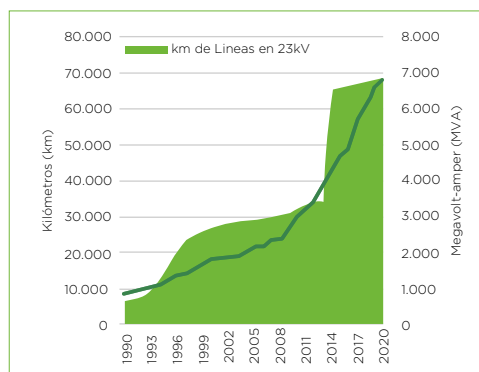
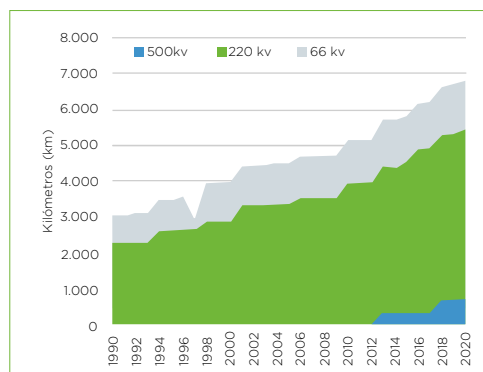
Nota: Elaboración propia con base en OsieLAC.

En términos generales, la cobertura eléctrica es alta gracias a los programas de expansión de las redes eléctricas, tanto en transmisión, como en distribución, que se han implementado en los últimos treinta años, como se puede observar en Gráfico 5, donde se puede notar la adición de Líneas de Transmisión de 500 kV, además de la constante expansión de los sistemas de 220 kV y de 66 kV, así como el sistema de distribución que ha acompañado el crecimiento,



incluso a un ritmo mayor, como se puede notar en el Gráfico 6. Esto ha permitido exitosamente reducir la brecha de acceso, al menos en las zonas urbanas o cercanas a los puntos importantes de generación y consumo.

**Gráfico 5. Evolución del sistema de transmisión**   **Gráfico 6. Evolución del sistema de distribución**



Nota: Extraído de la Compilación Estadística de la ANDE (ANDE 2021a, 2010)

**Tabla 2. Evolución del sistema de transmisión y distribución de energía eléctrica**

Año	Sistema de Transmisión			Sistema de Transmisión	
	500 kV	220 kV	66 kV	MVA	23 kV
<b>1990</b>	-	2.299 km	747 km	888 km	888 km
<b>2020</b>	727 km	4.727 km	1.355 km	6.804 km	6.804 km

Nota: Extraído de la Compilación Estadística de la ANDE (ANDE 2021a, 2010)

Sin embargo, la expansión de los sistemas de transmisión y distribución es una práctica que en el tiempo será poco sostenible desde el punto de vista técnico y económico, ya que los puntos de consumo se alejan cada vez más de las centrales de generación, y la demanda crece a un ritmo más acelerado (tasa promedio de 6% en los últimos 10 años) debido al rápido crecimiento de la población que incrementa el consumo no solo en los principales centros urbanos sino también en las zonas rurales. De acuerdo con el reporte estadístico de Vivienda y Hogar del Instituto Nacional de Estadística (INE) de Paraguay, cerca del 99,6% de los Hogares cuenta con acceso a energía eléctrica, tal como se muestra en la Tabla 3, donde el porcentaje de cobertura urbano es de 99,8 % y el rural de 99,0 %.

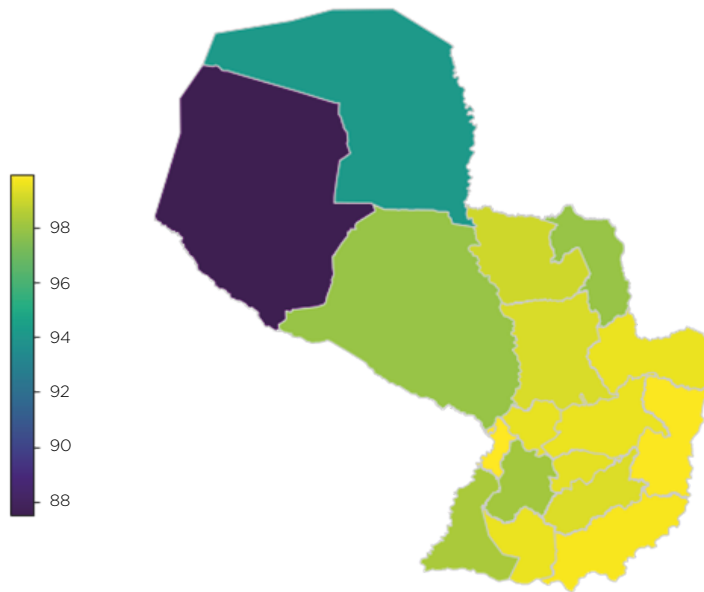
**Tabla 3. Indicadores de acceso a electricidad en los hogares. Año 2020**

EPHC 2020	Total, de Hogares	Tiene Corriente Eléctrica		No tiene Corriente Eléctrica	
<b>Nacional</b>	1.859.601	1.859.601	99,58%	7.822	0,42%
<b>Urbano</b>	1.171.705	1.171.705	99,90%	1.225	0,10%
<b>Rural</b>	687.896	687.896	99,05%	6.597	0,95%

Nota: Extraído de la Encuesta Permanentes de Hogares Continua (INE 2021).

Esto significa que alrededor de 7.822 hogares aún no disponen de este servicio básico indispensable, separándose en 1.225 hogares en zonas urbanas y 6.597 hogares en zonas rurales. Al observar el mapa de la Figura 1, es posible notar que la cobertura disminuye con relación a la localización de los principales puntos urbanos de consumo y de generación de energía eléctrica (Asunción y los Departamentos Central, Alto Paraná e Itapúa). Comparativamente, en la Figura 2 se ve cómo el sistema de transmisión, si bien está bastante desarrollado en la región oriental, presenta puntos sin cobertura que coinciden con un bajo acceso a la electricidad en los hogares.

**Figura 1. Acceso a electricidad (%). Año 2020<sup>4</sup>**



**Figura 2. Mapa eléctrico de Paraguay. Año 2020<sup>5</sup>**



4. Elaboración propia con base en datos de la EPHC (INE 2020). Los datos para los Departamentos de Alto Paraguay y Boquerón corresponden al año 2017 debido a la falta de información actualizada.

5. Extraído de la Memoria de (ANDE 2021b).

---

## 2. Acceso a cocción limpia

---

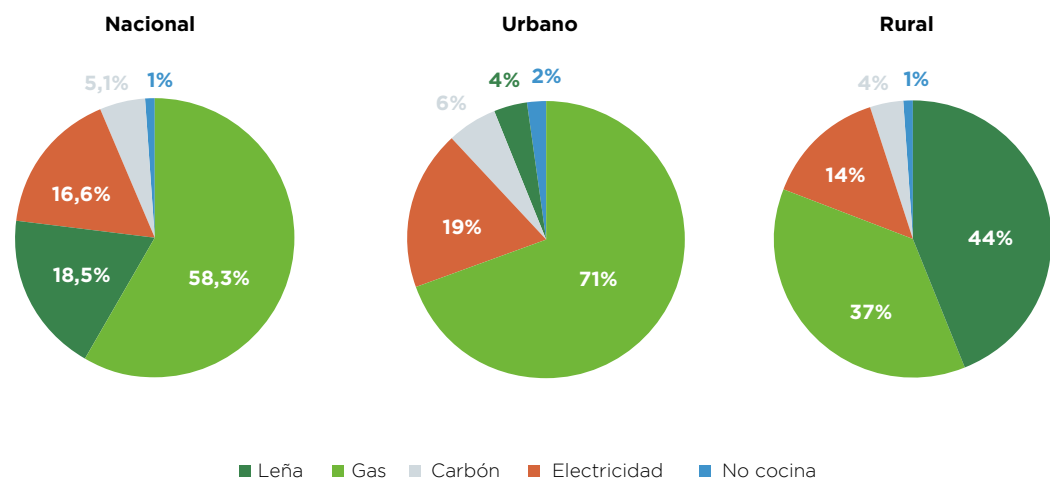
De acuerdo con los datos sobre acceso a cocción limpia, en Paraguay el porcentaje de la población con acceso a estas tecnologías es de alrededor de 67% (Banco Mundial 2015).

Según la Agencia Internacional de Energía (IEA 2020), el acceso a tecnologías para cocción limpia, significa el acceso a (y el uso principal de) combustibles y tecnologías modernas. Estas incluyen el gas natural, el gas licuado de petróleo (GLP), la electricidad y el biogás, o estufas de biomasa mejoradas (ICS) que tienen emisiones considerablemente más bajas y eficiencias más altas que los tradicionales fuegos de tres piedras para cocinar (IEA 2020).

La falta de acceso a combustibles limpios para cocción afecta directamente a mujeres y niños como consecuencia de la contaminación del aire en interiores (UNEP 2021).

Paraguay, a pesar de ser uno de los mayores productores y exportadores de energía eléctrica limpia de la región, aún presenta altos niveles de consumo de biomasa o carbón para cocinar, mientras que la electricidad solo representa el 18% del consumo total de energía final en el país. La biomasa y los combustibles fósiles representan el 81%. En particular existe un alto porcentaje de uso de leña para cocción y una participación no menor de carbón vegetal como se puede observar en el Gráfico 7, que muestra el tipo de combustible que predomina para cocinar a nivel nacional, en las zonas urbanas y en zonas rurales. Es dable resaltar que el consumo de biomasa no es sostenible aún, actualmente el gobierno se encuentra articulando acciones para la certificación de biomasa sólida (MOPC 2021).

**Gráfico 7. Participación del tipo de combustible utilizado para cocinar en los hogares paraguayos**



Nota: Extraído de (INE 2021)

La leña constituyó un 66,3% del consumo final de productos de biomasa, según datos del gobierno nacional. De estos, casi el 85% corresponde al área rural. A nivel nacional, el sector residencial consume el 53.5% de la leña según datos del Balance Nacional en Energía Útil (BNEU) 2013<sup>6</sup>.

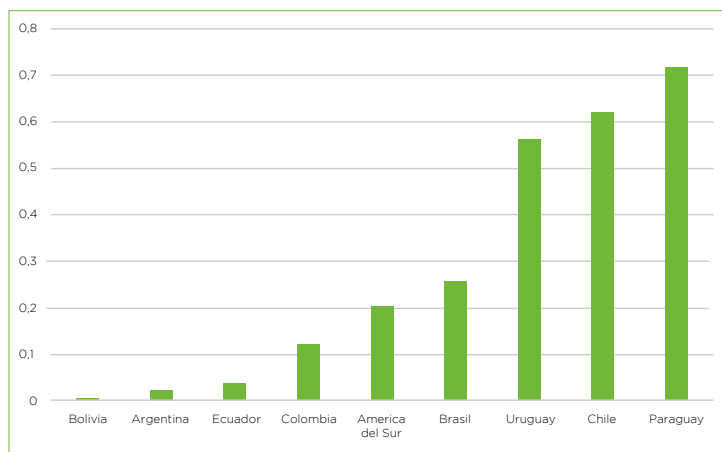
**Tabla 4. Combustible principal que se utiliza para cocinar en los hogares en zonas rurales. Año 2021**

Hogares en zonas rurales	701.094	100%
<b>Leña</b>	307.780	43,9%
<b>Gas</b>	57.301	36,7%
<b>Carbón</b>	30.848	4,4%
<b>Electricidad</b>	96.050	13,7%
<b>No cocina</b>	9.114	1,3%

Nota: Extraído de (INE 2021)

Por ello, el gobierno ha establecido definir una estrategia que aborde este desafío y aumentar el acceso a energía limpia, especialmente para población rural (PROEZA), atendiendo los altos consumos de biomasa, siendo este uno de los más altos de América del Sur tal como se muestra en el Gráfico 8.

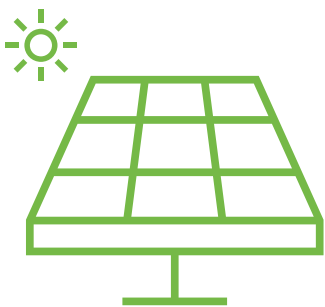
**Gráfico 8. Consumo de leña per cápita (tonelada por habitante). Año 2018**



Nota: Extraído de (Hub de Energía 2018).

6. El VMME, actualmente está en proceso de actualización del BNEU con apoyo de OLADE y BID.

# CAPÍTULO 2



Las Energía  
Renovables no  
Convencionales  
(ERNCC)

## Las Energías Renovables no Convencionales (ERNC)

De acuerdo con el último reporte del “Estado de Preparación de las Energías Renovables en Paraguay”<sup>7</sup>, las tecnologías de energías renovables son una opción asequible para la diversificación de la matriz energética paraguaya. A nivel mundial, la generación de energía a partir de tecnologías renovables como la energía solar fotovoltaica y la energía eólica terrestre han experimentado una reducción de costos significativa en la última década.

La reducción de costos de las energías renovables no convencionales (ERNC) tiene el potencial de hacerlas competitivas en el contexto paraguayo, donde el costo de generación de electricidad a partir de energía hidroeléctrica ya es relativamente bajo.



---

### 3. Marco legal e Institucional

---

Las instituciones directamente vinculadas al desarrollo de las ERNC en Paraguay son la ANDE y el Viceministerio de Minas y Energía (VMME), dependiente del Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones (MOPC), que en un nivel superior se encarga de la formulación de la política energética del país. Se debe resaltar que existen otras instituciones vinculadas al sector energético (Espinasa, Bonzi Teixeira y Anaya 2017), pero para plantear el aprovechamiento de las ERNC en generación de energía eléctrica, la ANDE y el VMME son las instituciones fundamentales.

Los principales instrumentos de política pública del VMME que promueven el desarrollo de las ERNC son:

- **Política Energética de la República del Paraguay** aprobada por Decreto N° 6.092 en el año 2016 (Poder Ejecutivo 2016), es un documento con alcance al año 2040 que se desarrolló para atender las necesidades de energía de la población y de todos los sectores productivos, con criterios de calidad, responsabilidad socio-am-

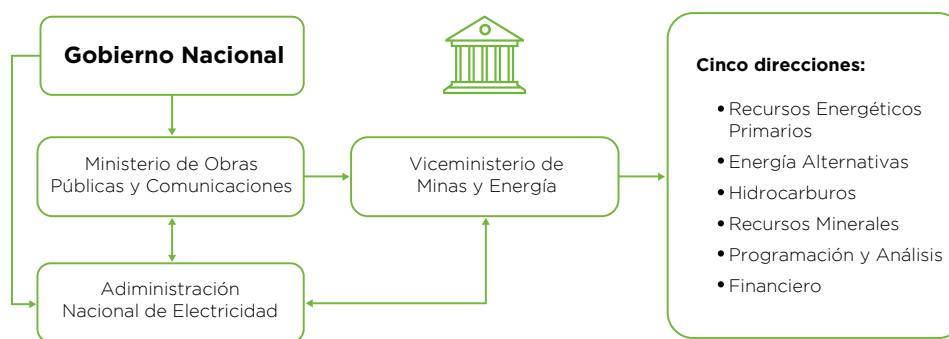
7. (IRENA 2021)

[https://irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2021/Sep/IRENA\\_RRA\\_Paraguay\\_Summary\\_2021\\_ES.pdf?la=en&hash=0BA2C21F46669E5623E3F9F13B54D5D7DC4EFCCD](https://irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2021/Sep/IRENA_RRA_Paraguay_Summary_2021_ES.pdf?la=en&hash=0BA2C21F46669E5623E3F9F13B54D5D7DC4EFCCD)

biental y eficiencia; constituyéndose la energía en factor de crecimiento económico, desarrollo industrial y de progreso social en el marco de la integración regional (VMME 2016). Tiene un alcance amplio cubriendo el desarrollo de energías renovables, integración energética, inclusive eficiencia energética y otras temáticas del sector energético paraguayo.

- **Agenda de Energía Sostenible 2019-2023.** El VMME publicó este documento como una hoja de ruta para las acciones a ser tomadas durante el período y operacionalizar la Política Energética (VMME 2021). Los objetivos, las metas y las acciones de esta agenda toman en consideración los avances en materia tecnológica, apuntando a la innovación en el sector energético del país.

**Figura 3. Estructura organizacional acotada del sector energía en Paraguay.**



Nota: Elaborada con base en (Espinasa, Bonzi Teixeira y Anaya 2017).

La Ley N° 966/64 crea a la ANDE como empresa estatal autárquica, descentralizada de la Administración Pública. Es la autoridad normativa para las actividades de generación, transporte, distribución y comercialización de energía eléctrica, al igual encargada de toda la planificación y otros temas vinculados al sector eléctrico. Así, el mercado eléctrico paraguayo es verticalmente integrado. La ANDE actúa con exclusividad en todos los segmentos para ofrecer el servicio de suministro de energía eléctrica, es decir, bajo un monopolio. No obstante, también es posible generar energía eléctrica de manera privada, pero con una limitación de 2 MW, así, en caso de que este generador pretenda incursionar en el mercado debe seguir lo dispuesto en la Ley N° 3.009/06.

La Ley N° 3.009; de la Producción y Transporte Independiente de Energía Eléctrica (PTIEE), fue promulgada en el año 2006 para aprovechar las energías renovables bajo esquemas de Alianza Público Privada (APP). Sin embargo, la aplicación de esta ley tuvo desafíos debido a que para que la ANDE pueda adquirir bienes y/o servicios debe realizar un llamado a licitación pública, por lo que un productor independiente no podrá venderle directamente su energía.

Adicionalmente, el 25 de mayo de 2021 se presentó a la Cámara de Senadores una propuesta de Ley que regulará la producción de energía a partir de ERNC. De momento hay varios auto generadores, principalmente alcoholeras a partir de bagazo, pero ninguno vende a la ANDE. Para poder hacerlo con la regulación actual, ANDE debería pasar un proceso licitatorio conforme lineamientos de la Dirección Nacional de Contrataciones Públicas (DNCP) justificando que requieren esa inyección de potencia. La fábrica de celulosa Paracel, en construcción en el norte (Concepción) y cuya operación se estima inicie en 2023-2024, podrá generar energía como resultado de su proceso industrial e inyectar hasta 80-100 MW a la red de ANDE. Por lo tanto, este proyecto de Ley podría facilitar el aprovechamiento de este y otros potenciales generadores para fortalecer zonas donde el sistema eléctrico es débil, en particular en el

norte de la región oriental del país.

Cabe destacar que la ANDE ha publicado en 2021 su Plan Maestro de Generación para el período 2021-2030, y el mismo incluye una serie de obras que permitirán el desarrollo de las ERNC en Paraguay.

---

#### 4. Oportunidades para el desarrollo de las ERNC

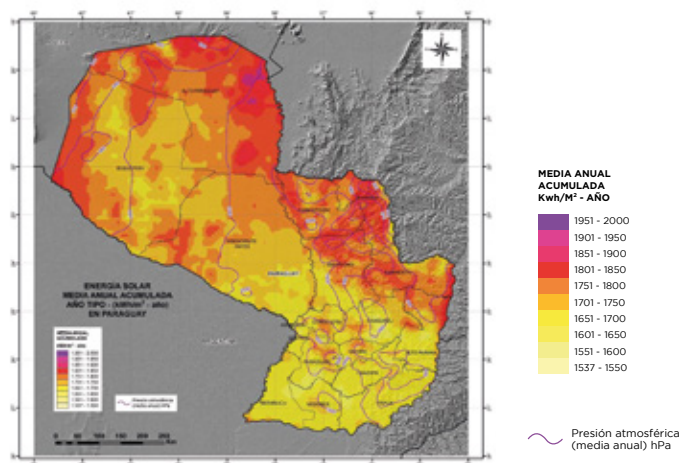
---

Paraguay tiene una capacidad de generación de energía de alrededor de 8.760 megavatios (MW) y una demanda máxima de 3.563 MW (marzo de 2020). El país tiene una cobertura eléctrica del 99,6% y la demanda anual de electricidad en 2020 fue de 17.955 gigavatios hora (GWh) con un crecimiento medio anual del 5,2% en los últimos cinco años y un aumento medio anual de la demanda máxima de energía del 6,3%. Casi el 100% de la electricidad suministrada al SIN es hidroeléctrica, con un 87,5% generado en Itaipú, un 9,2% en Yacyretá y un 3,2% en Acaray, la diferencia es atendida por pequeñas centrales térmicas (datos al año 2020).

En la mayoría de los países de la región, el desafío principal de la energía eléctrica es acceder a energía “limpia” y “barata”, por lo cual, la ERNC suele ser uno de los temas de mayor discusión. En Paraguay, las ERNC no han sido consideradas prioritarias sino hasta recientemente.

Aunque el Paraguay tiene potencial para el desarrollo de las ERNC, el uso de estas tecnologías no se ha extendido. El país tiene una irradiación solar promedio de 1.725 kWh/m<sup>2</sup>-año, lo que permitiría su uso para generación residencial en sistemas aislados o en sistemas centralizados de parques fotovoltaicos. Cuenta con vientos estables que permitirían la generación de energía especialmente en la región del noroeste del Chaco, y también tiene una industria ganadera con buenas perspectivas para proyectos de biogás. Estas tecnologías se presentan como una opción para electrificar a las poblaciones que aún no tienen electricidad y reemplazar algunos sistemas aislados de generación Diésel muy pequeños que se encuentran actualmente en operación. Estas tecnologías también contribuirían con los compromisos asumidos por el país en el marco de los Acuerdos de París para reducir el consumo de combustibles fósiles en un 20% y desarrollar una matriz energética sostenible que incluya las ERNC.

**Figura 4. Mapa de Energía Solar Media Anual Acumulada - (kWh/m<sup>2</sup> - año)**



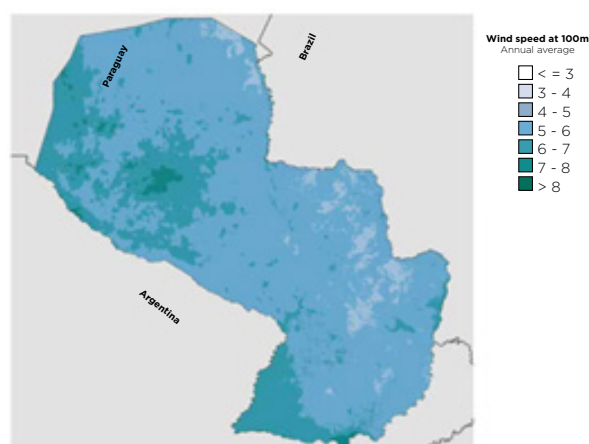
Nota: Extraído del Potencial Energético Solar y Eólico del Paraguay (PDES\_PY) ITAIPÚ - PTI-PY.



Para ciertas regiones como el norte del Chaco, donde existen pequeñas poblaciones y comunidades dispersas, la posibilidad de conexión a la red eléctrica nacional es difícil, la demanda de electricidad se suplimenta básicamente con grupos electrógenos a Diesel y en algunos casos gasolina, de alto costo, y por lo tanto surge la necesidad de considerar otras alternativas. Entre ellas, se destaca la energía solar, que, en las zonas con mejores condiciones, la radiación se estima en 1.770 kWh/m<sup>2</sup>; un nivel de radiación adecuado para plantear su aprovechamiento (en las zonas más favorecidas como el altiplano andino y el norte de México, la radiación está en el orden de los 2.200 kWh/m<sup>2</sup>).

En cuanto a la energía eólica, esta debe ser evaluada con mayor detalle a través de mediciones en el terreno debido a la escasez de estudios realizados a las alturas de los aerogeneradores comerciales. Por otro lado, la biomasa es un recurso importante pero no para generación eléctrica, es utilizada principalmente para cocción de alimentos, calderas y hornos de las industrias. Según datos de la Encuesta Permanente de Hogares del 2020, el 99% de los hogares rurales cuenta con electricidad y el 43,9% de estos hogares rurales utiliza leña como principal combustible para cocción; los hogares rurales representan el 37,41% del total nacional.

**Figura 5. Evaluación de la velocidad del viento en tierra**



Nota: extraído de (IRENA 2021).

El desarrollo de las ERNC puede fortalecerse con el hidrógeno (H<sub>2</sub>) verde, una tecnología con múltiples oportunidades de uso en Paraguay y potencialmente para exportación. El país tiene condiciones favorables para el desarrollo de H<sub>2</sub> y aprovechar las ventajas que posee para fomentar el uso de energía eléctrica local y generar empleo al igual que oportunidades de negocios. Para ello, se debe generar conocimiento y capacidades técnicas e institucionales, desarrollar el marco normativo y regulatorio propicio para atraer la inversión privada, es decir, fomentar el ecosistema necesario para la introducción temprana de la tecnología. En ese sentido, el BID ha venido acompañando al país en el proceso de elaboración de lineamientos de un marco conceptual que busca iniciar estas actividades.

De acuerdo con reportes de (IRENA 2021), a nivel global el costo nivelado promedio ponderado de la electricidad (LCOE) para la energía solar fotovoltaica se ha reducido en un 85% en el período comprendido entre 2010 y 2020, siendo la fuente de energía renovable con mayor reducción de precio. En el mismo período, el LCOE de la energía eólica terrestre se redujo en un 56%. Las reducciones de costos para las energías renovables continuaron a pesar de la pandemia de COVID-19 en 2020. El LCOE para la instalación de nueva capacidad en 2020 disminuyó en comparación con 2019, por ejemplo, la energía solar concentrada (CSP) se redujo en un 16%, la energía eólica terrestre en un 16% y la energía solar fotovoltaica a escala de servicios públicos en un 7% (IRENA, 2021d). La reducción de costos de las tecnologías de energía renovable variable tiene el potencial de ser competitiva en el contexto paraguayo, donde el costo de generación de electricidad a partir de energía hidroeléctrica es relativamente bajo.

# CAPÍTULO 3



Cerrando las Brechas  
de Acceso con las ERNC

## Cerrando las Brechas de Acceso con las ERNC

Con el objeto de lograr acceso universal a la electricidad y minimizar el uso de combustible en los sistemas de ANDE, el gobierno está desarrollando un plan para implementar sistemas basados en ERNC. Principalmente orientado al suministro de localidades apartadas, de costosa y difícil conexión al sistema interconectado, el Plan busca contribuir a la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero y aumentar la cobertura de servicio eléctrico nacional.

El BID está apoyando el desarrollo de un Plan Nacional de Acceso Universal para el país. Dicha cooperación incluye el diseño e instalación de un Sistema Híbrido de Generación Fotovoltaica en Puerto Esperanza (Bahía Negra), y el diseño e instalación de una planta piloto (experimental) de ERNC, a ser instalada en el predio adyacente a la Central Hidroeléctrica Acaray.



---

## 5. Plan de Acceso Universal a la Electricidad<sup>8</sup>

---

### 5.1 Conceptos generales

Un plan de acceso universal es un conjunto de elementos que tienen por objeto brindar acceso a energía al 100% de la población, minimizando los costos de inversión, asegurando un servicio suficiente, seguro y de calidad, asequible, sostenible y que se mantenga operativo a lo largo del tiempo.

La planificación para acceso universal permite visualizar espacialmente las necesidades, tanto de infraestructura como institucionales y regulatorias, permite hacer diseños optimizados de redes eléctricas, y permite establecer con las tecnologías y modelos de negocios que se necesitarán para abastecer de servicio a aquellas zonas donde no se podría llegar con las redes y métodos convencionales, minimizando así costos de inversión y explotación.

8. Esta sección fue elaborada con base en el Informe de Consultoría en el marco de la cooperación técnica del BID con referencia PR-T1285 (Javier Castillo Antezana 2020b).

**Gráfico 9. Aspectos que componen un Plan de Acceso Universal**



El plan de acceso busca establecer modelos de gestión que aseguren la sostenibilidad de los servicios en el tiempo, bajo ciertos requerimientos mínimos de cantidad, calidad y seguridad. No se trata simplemente de aumentar la cobertura en número de conexiones sin énfasis en el servicio, es decir, 2 o 3 horas de servicio eléctrico al día, o solo algunos días a la semana.

Además, si los ingresos del prestador de servicios no cubren los costos de Administración, Operación y Mantenimiento, el Acceso no es Sostenible. Si los elementos utilizados en la infraestructura, por ej. de sistemas aislados no cuentan con repuestos asequibles en cada país donde se utilice o no cuentan con servicio técnico post venta, la solución tecnológica no es sostenible.

Un plan para acceso universal permite tener una cartera de proyectos priorizada con criterios técnicos y socio económicos que minimizan la inversión y maximizan los beneficios económicos. El no contar con un plan hace que la selección de proyectos no sea la óptima, hace que se enfrenten situaciones sin la debida anticipación, como puede ser el desafío tanto tecnológico como de modelos de gestión asociado a los proyectos fuera de red (Tarifas, Normas, etc.), y hace que la información que se entrega a la población demandante de estos servicios sea errática y confusa.

Cuando no se tiene un plan, la generación de cartera de proyectos se torna intermitente, lo que hace que la Inversión también lo sea y por ende también el crecimiento de la cobertura del servicio. Al no contar con una planificación adecuada, se pueden producir traslapes tecnológicos, por ej. entre extensión de red eléctrica y sistemas aislados, y no se aprovechan de buena manera las fuentes de energías renovables. Los beneficios de contar con un Plan se resumen en la figura siguiente:

**Figura 6. Los beneficios de contar con un Plan**



## 5.2 La solución por implementarse

Para dar solución al déficit de electrificación urbano, las medidas más factibles suelen ser la normalización del servicio y la densificación de las redes existentes, entendiéndose como tal al proceso de regularización de empalmes “no oficiales” y a la conexión a dichas redes de las viviendas que se encuentran junto a ellas o en sus cercanías. Situación muy distinta se presenta a la hora de atender el déficit rural. Por lo general, cuando un país alcanza los altos niveles de cobertura eléctrica rural, como es el caso de Paraguay, la población carente de este servicio o bien se encuentra localizada en poblaciones pequeñas y distantes de los sistemas interconectados de distribución o se encuentra, además de lejos, sumamente dispersa, por lo que se hace difícil incluso la provisión del servicio mediante mini redes con generación centralizada, debiéndose buscar la solución mediante sistemas individuales, como son los sistemas solares fotovoltaicos conocidos como SHS (Solar Home System) por sus siglas en Inglés.

Con el objeto de alcanzar el acceso universal a la electricidad, se ha visto necesaria la realización de una planificación basada en información geo-referenciada que permita identificar la ubicación de las viviendas en déficit, la ubicación de las redes de distribución, las fuentes de energía, los caminos de acceso, entre otros, de esta forma poder seleccionar la mejor solución tecnológica para el abastecimiento de electricidad a cada una de las viviendas con base en una evaluación técnico-económica.

## 5.3 Ejemplo de implementación

Para el desarrollo de esta planificación se han definido los actores que se presentan en el diagrama de la Figura 7, con los que se establecerá una comunicación directa, a través de los puntos focales definidos, de manera de ir avanzando y resolviendo dinámicamente los desafíos que se vayan presentando.

En el esquema se ve la presencia de una Universidad, quien apoya las tareas de campo para complementar la información de base respecto a la mínima necesaria, la que en forma general se puede resumir en el establecimiento de un Sistema de Información Geográfico (SIG) con las coberturas necesarias para la elaboración del plan de acceso universal.

El BID apoya con un plantel de especialistas en planificación geoespacial de electrificación rural, quienes dan soporte durante el proceso por medio de algoritmos, software y capacitación especializada, con el objeto de que la Universidad local pueda implementarlos en coordinación con el SIG desarrollado.

**Figura 7. Actores vinculados al Plan de Acceso Universal**



---

## 6. El caso de Puerto Esperanza<sup>9</sup>

---

La Comunidad Puerto Esperanza (en idioma ishir “Ybytosó Onhichta”), se ubica en el Departamento de Alto Paraguay (Chaco) a 30 kilómetros de Bahía Negra, emplazado a la ribera del Río Paraguay – territorio del Pantanal, aproximadamente a 550 km de la capital. La característica ambiental de la zona es tropical de alta temperatura y humedad. Para llegar a la comunidad, se debe recurrir a transporte fluviales con frecuencia semanal. Los pobladores de Puerto Esperanza son un grupo de nativos mestizos compuesto por alrededor de 1.000 personas (Manena, 22 de octubre de 2018).

**Figura 8. Ubicación de la Comunidad Puerto Esperanza**



Nota: Tomado de Google Maps.

### 6.1 El problema

Existen ciertas problemáticas que aquejan no sólo a Puerto Esperanza sino también a otras comunidades alejadas como son la falta de acceso a energía eléctrica, agua potable, educación, acceso vial y el elevado costo de los alimentos. La comunidad no cuenta con un sistema eléctrico para atender sus necesidades, algunas personas cuentan con generador propio que utilizan algunas horas al día dependiendo de la capacidad para adquirir combustible. Lo natural, siguiendo el estado del arte convencional, sería que este poblado se conectase a la red de Bahía Negra, como actualmente lo hace Puerto Diana (otra localidad cercana a aproximadamente 25 km), o alternativamente que se instalase una mini red térmica con un generador Diesel. Sin embargo, esto implica altos costos de logística y suministro de combustibles, un alto impacto al medio ambiente y problemas de confiabilidad.

Según datos proporcionados por la ANDE, en Puerto Esperanza se podría esperar un consumo promedio mensual total estabilizado de 37.050 kWh/mes. Sin embargo, estimaciones en el marco de una consultoría implementada por el BID muestran que un consumo mensual promedio de 34.650 kWh/mes representaría de buena manera el comportamiento de Puerto Esperanza en los próximos 8 años.

9. Esta sección fue elaborada con base en el Informe de Consultoría en el marco de la cooperación técnica del BID con referencia PR-T1285 (Javier Castillo Antezana 2020a).

**Tabla 5. Consumos estimados para Puerto Esperanza**

Tipo de consumidor	Vivienda Clase 1	Vivienda Clase 2	Vivienda Clase 3	Escuela	Centro de Salud	Iglesias	Centro Deportivo	Alumbrado Público	Total
<b>Cantidad por tipo</b>	43	41	26	1	1	3	1	1	118
<b>Consumo Unitario kWh/mes</b>	150	225	600	900	225	225	180	3600	-
<b>Consumo Total kWh/mes</b>	6.450	9.225	15.600	900	225	675	180	3600	37.050
<b>Consumo promedio total ponderado estabilizado kWh/mes</b>									314
<b>Consumo residencial total ponderado estabilizado kWh/mes</b>									284

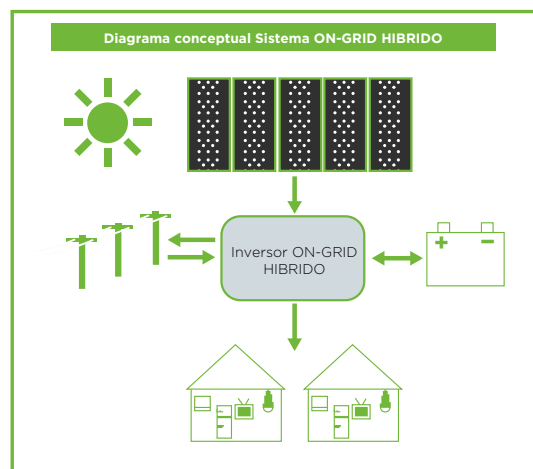
Nota: Elaboración propia.

## 6.2 La solución por implementarse

Con el objeto de minimizar el uso de combustible en los sistemas de ANDE, el gobierno está desarrollando un plan para proveer de sistemas basados en energía solar fotovoltaica a localidades apartadas, de costosa y difícil conexión al sistema interconectado, como lo es la localidad de Puerto Esperanza, la que necesitaría una red de AT/MT de 190 km para acceder al punto más cercano del sistema interconectado. Así, ese proyecto pretende reducir el consumo de combustible fósiles, contribuir con la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) respecto a la solución convencional, y aumentar la cobertura de servicio eléctrico nacional.

En Puerto Esperanza, el proyecto consiste en la implementación de un sistema híbrido de generación, basado en energía fotovoltaica del tipo On-Grid Híbrido (Figura 9). El sistema fue concebido para que opere 100 % con energía renovable a partir de generación fotovoltaica y almacenamiento en baterías. La arquitectura del sistema permitirá, además, utilizar a futuro una red eléctrica como fuente de respaldo, como fuente principal o como sumidero para inyección de excedentes. El sistema contará con un generador Diesel de respaldo que permitirá utilizarlo como fuente principal para tomar toda la carga de la localidad en caso de mantenencias mayores u otra situación que lo amerite, y eventualmente, bajo casos muy poco probables, como fuente adicional a la planta fotovoltaica para la carga de las baterías.

**Figura 9. Diagrama Sistema ON-GRID Híbrido**



Nota: Extraído de (Javier Castillo Antezana 2020a).

Se utilizarán Inversores On-Grid híbridos de manera de poder operar conectado a la red o en modo aislado (isla). Al estar conectado a la red, el sistema puede inyectar los excedentes o puede tomar energía de la red en caso de necesitarla. La arquitectura propuesta permitirá dos opciones al momento de una eventual llegada del sistema interconectado central a la localidad:

- **Opción 1:** Desmontaje y traslado de las instalaciones a otra localidad que requiera de un sistema de este tipo.
- **Opción 2:** Utilización del sistema como “generación distribuida” inyectando toda su producción al sistema interconectado, con lo que se pueden mejorar los indicadores de calidad de suministro además de servir de respaldo en caso de corte parcial del suministro desde la red interconectada.

De acuerdo con los criterios de diseño sugeridos por la ANDE, el proyecto permitirá abastecer la demanda de Puerto Esperanza los primeros 7 años. Además, como el sistema contará con respaldo mediante un generador, los riesgos de no abastecimiento son prácticamente nulos.

Los componentes principales del sistema, sus características técnicas generales y los costos estimados de inversión se presentan en la tabla siguiente:

**Tabla 6. Costos estimados de Inversión Planta Puerto Esperanza**

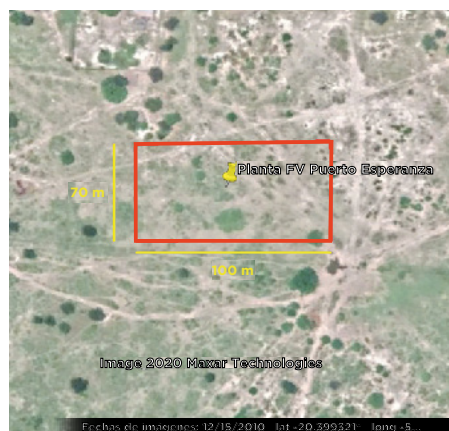
Componente	Unidad	Valor	Características	Costo de Inversión USD
<b>Planta Fotovoltaica</b>	kWp	685	685	959.000
<b>Entrada mínima DC Cargador</b>	kWp	685	685	89.050
<b>Salida mínima AC Inversor</b>	kWp	125	125	16.250
<b>Banco de Baterías</b>	kWp	2520	2520	907.200
<b>Generador Diesel (Respaldo)</b>	kWp	125	125	62.500
<b>Total, estimado</b>				<b>2.034.000</b>

Nota: Elaboración propia.

De acuerdo con los costos unitarios considerados, el costo de Inversión estimado para el sistema de Puerto Esperanza asciende a poco más de US\$ 2.000.000. Se considera una expectativa de vida útil mínima del proyecto de 25 años. Los bancos de baterías, incluso las salas de tableros y control podrán ser desarrolladas en compartimentos tipo Container, llegando prácticamente listos para su uso en terreno, minimizando los trabajos de montaje y configuración en terreno. De acuerdo con valores generales de superficie por kWp fotovoltaico, considerando 10 m<sup>2</sup> por kW, las dimensiones del campo fotovoltaico para el sistema de Puerto Esperanza deberían ser aproximadamente 7.000 m<sup>2</sup>. En la Figura 2, el rectángulo en rojo indicaría la ubicación propuesta y las dimensiones aproximadas.



**Figura 10. Ubicación y dimensiones aproximadas campo Fotovoltaico Puerto Esperanza**



Nota: Extraído de Maxar Technologies.

### 6.3 Medidas complementarias propuestas

Con el objeto de maximizar las prestaciones de la planta fotovoltaica en Puerto Esperanza, apuntando a un consumo eficiente, racional, maximizando las posibilidades de sincronización entre la demanda y la generación Instantánea, amerita ser analizados la implementación de ciertas medidas, ya sea junto con el proyecto de la planta o con posterioridad a él. Las propuestas a continuación son medidas que se sugieren genéricamente pero son aplicables transversalmente a cualquier situación de consumo, ya sea en un proyecto específico o como política nacional. Estos son:

- a. Implementación de sistemas de medidores inteligentes<sup>10</sup>, permitirá cuantificar las pérdidas tanto técnicas como no técnicas del sistema, al igual que la determinación precisa del consumo instantáneo total y el de cada cliente para:
  - Manejar cargas desplazables para no sobrepasar límites preseteados de demanda máxima.
  - Calcular instantáneamente las pérdidas del sistema ya que, conociendo las pérdidas técnicas, puede cuantificarse las posibles pérdidas no técnicas en la red.
  - Minimizar los costos de facturación al no tener que desplazarse para hacer la lectura de los medidores.
  - Operar remotamente las maniobras de corte y reposición del suministro ante situaciones comerciales o de seguridad que lo ameriten.
- b. Eficiencia energética y Control de demanda intradomiciliaria: el perfil de demanda de Puerto Esperanza hace pensar que existen muchas oportunidades para el uso eficiente y racional de energía, ya que presenta un perfil residencial poco típico (ver Tabla 7), con factores de planta muy elevados y prácticamente sin valles, especialmente durante la noche.

10. Para tener una referencia, el costo comercial de un medidor de este tipo va desde los 40 a los 200 USD, dependiendo del proveedor. Hoy en día, en China se pueden adquirir por menos de 40 USD.

**Tabla 7. Medidas de eficiencia energética**

Particularidades de consumo <sup>11</sup>	Alternativas para mejorar la eficiencia
<b>Uso permanente de equipos de aire acondicionado, casi, las 24 horas del día</b>	Mejoramiento del aislamiento térmico de la vivienda (pisos, techos, muros y ventanas). Así como, control de encendido y apagado de Aire Acondicionado (adicional al control propio del equipo por temperatura), dependiendo de la potencia instantánea demandada.
<b>Uso de congeladores horizontales en vez de refrigeradores domésticos</b>	Incorporación de refrigerador doméstico de 180 a 200 litros, con división para congelamiento y con clasificación A++ o superior.
<b>Uso de duchas eléctricas de gran potencia (entre 1,5 y 3 kW)</b>	Calentamiento de agua en termo eléctrico, con encendido y apagado automático, manejado como carga desplazable, privilegiando el calentamiento del agua en horas de sol. También se pueden considerar los calentadores de agua solares.
<b>Uso de bombillos incandescentes o fluorescentes.</b>	Iluminación con tecnología LED que incluya filtro de armónicos, con control por movimiento y sensores de presencia, dependiendo de su uso y del espacio que iluminan. Al igual que, la incorporación de luz natural (tragaluces, termo panel, tubos de luz, etc.) en espacios de uso común, permanente o prolongado.

Nota: Extraído de (Javier Castillo Antezana 2020a).

Para la implementación de estas medidas será necesario contar con un sistema de monitoreo y control de la demanda, con varias salidas de control. Este sistema pudiese ser centralizado o estar constituido por monitoreo y control distribuido.

## 7 Planta Piloto demostrativa Acaray<sup>12</sup>

Dada las altas capacidades en generación hidroeléctrica, la energía eléctrica generada en Paraguay es casi exclusivamente de tipo hidráulico. Además de las centrales binacionales—Itaipú y Yacyretá—, la ANDE posee la central hidroeléctrica de Acaray situada al este del Paraguay que aprovecha el potencial hidráulico de un afluente del río Paraná con una capacidad de 210 MW. La Central desvía aguas del río Acaray al río Paraná, aprovechando un desnivel natural de 56 m. entre ambos ríos, que se eleva a 91 m. mediante la presa. La Central constituye el aprovechamiento total del río Acaray, mediante la instalación de cuatro grupos generadores.

11. Hoy en día no hay suministro eléctrico en Puerto Esperanza, por lo que básicamente no hay ningún electrodoméstico, salvo los que existen en las pocas viviendas que cuentan con generación propia, sin embargo, se espera que el comportamiento de la demanda se acerque rápidamente a lo que se observa en las localidades cercanas (Puerto Diana y Bahía Negra)

12. Esta sección fue elaborada con base en el Informe de Consultoría en el marco de la cooperación técnica del BID con referencia PR-T1285 (Javier Castillo Antezana 2020a).

**Figura 11. Panorámica Central Acaray, Paraguay**



Nota: Extraído de Google Earth el día 14/06/2020.

## 7.1 Diagnóstico

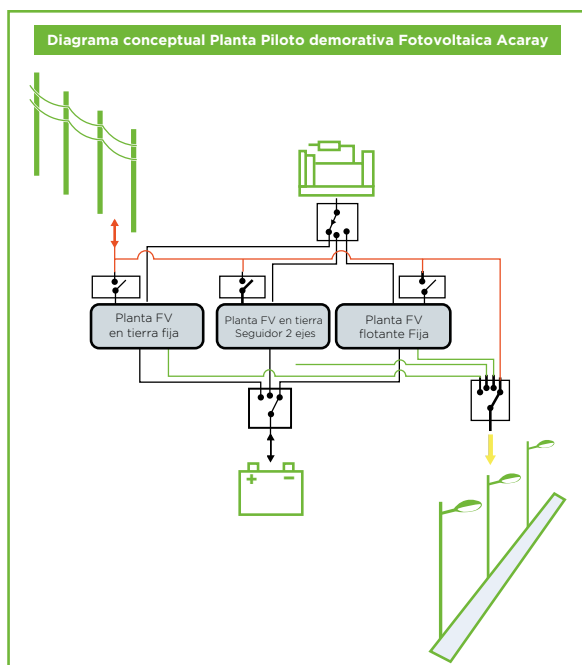
Existe una serie de alternativas que la ANDE puede explorar para el desarrollo de las ERNC. Si bien la empresa tiene capacidades para operar diferentes tipos de sistemas con energía renovables, aún existen desafíos al operar tecnologías nuevas poco convencionales que pueden surgir en el contexto local, entre ellos la falta de mediciones precisas de la velocidad del viento en las zonas del país, y la gestión de sistemas fotovoltaicos incluyendo su integración a la red nacional. Adicionalmente, la incorporación de sistemas de almacenamiento conectados al sistema eléctrico es otra cuestión que se debe evaluar al introducir las ERNC como complemento a las horas donde la generación no sea capaz de seguir a la demanda. En tal caso, el gobierno de Paraguay está explorando oportunidades para la producción de hidrógeno verde como vector energético y, por ej. almacenamiento de energía eléctrica.

## 7.2 La solución por implementarse

Para colaborar en la construcción de capacidades en varias dimensiones, se propone el desarrollo de un proyecto piloto con el objeto de probar diferentes configuraciones de solar fotovoltaica como concepto genérico de ERNC para generación eléctrica. La “planta piloto” estará compuesta por una planta fija en tierra, una planta en tierra con seguidor de 2 ejes programable, y una planta fija flotante, todas de la misma potencia y con los mismos componentes (principalmente paneles e inversores) de manera que se pueda comparar el desempeño de cada una de ellas, obteniéndose información para la toma de decisiones de las mismas. Adicionalmente, se instalará una estación de medición de viento<sup>13</sup> con el propósito de generación de electricidad. De esta manera, se pretende que tanto ANDE como el público en general puedan adquirir conocimiento respecto a cómo se hace un estudio de viento y la importancia que esto tiene en el éxito o fracaso de una inversión en generación eólica.

13. El proyecto de la planta piloto de Acaray está aún en desarrollo. Inicialmente se contaría con un proyecto de arquitectura que solo quedó, hasta el momento, en etapa de idea conceptual. No obstante, en conversaciones recientes con la ANDE, estamos analizando la posibilidad de equipar con sensores (anemómetros y veletas) una torre de comunicaciones existente, de 100 metros de altura.

**Gráfico 10. Diagrama conceptual Planta Piloto demostrativa Fotovoltaica Acaray**



Nota: Extraído de (Javier Castillo Antezana 2020a).

La Planta Piloto tendrá la función de abastecer principalmente la iluminación de los 15.000 metros de paseos peatonales, 16 miradores y 35 puntos de señalética e información que se diseñen en el proyecto de arquitectura en la modernización de la Central Hidroeléctrica de Acaray. Con base en esta demanda, se ha desarrollado la tabla siguiente, que muestra la demanda individual y agregada que se pretende satisfacer:

**Tabla 8. Demanda estimada de la planta demostrativa Acaray.**

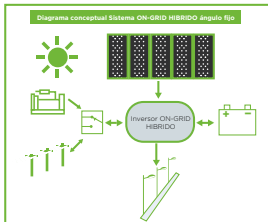
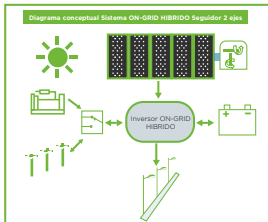
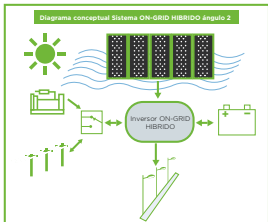
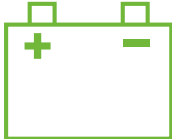
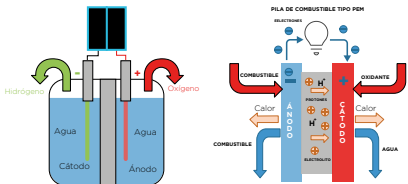
Sectores por iluminar	Potencia Unitaria [W]	Cantidad [unidades]	Potencia Total [W]	Horas/día	kWh/día
<b>Zona 1 Acceso-Llegada-Mirador (80 luminarias LED)</b>	20	80	1600	12	19
<b>Zona 2 Administración - Máquinas</b>	20	17	340	12	4
<b>Zona 3 Lago del Embalse (160 luminarias LED)</b>	20	160	3200	12	38
<b>Zona 4 Avenida Perú (80 luminarias LED)</b>	20	80	1600	12	19
<b>Zona 5 Río Paraná (80 Luminarias LED)</b>	20	80	1600	12	19
<b>Total</b>		417	8340	-	100

Nota: Elaboración propia.

En paralelo, las plantas que no estarían siendo evaluadas podrían estar inyectando toda su producción a la red. Por otra parte, para la evaluación de desempeño, las plantas contarán con medidores de voltaje, corriente, energía y potencia generada, de manera de ir alimentando una base de datos que permita hacer cálculos comparativos. Todas las plantas fotovoltaicas compartirían el mismo generador de respaldo y el mismo sistema de almacenamiento de energía. Las pruebas se harían seleccionando la planta a monitorear, a la que se le conectaría el sistema de almacenamiento y el generador de respaldo. Se propone que las plantas piloto fotovoltaicas compartan el banco de baterías, de manera de no triplicar la inversión en baterías.

Está siendo considerado incorporar, adicionalmente al sistema convencional de baterías de Ion Litio, el almacenamiento de energía en forma de hidrógeno verde mediante un electrolizador, a modo de poder utilizarlo posteriormente en una celda de combustible para suministrar 50 kWh útiles de electricidad, en 6 horas, a una tasa de uso variable según la demanda instantánea que se presente. Este módulo de hidrógeno en la planta piloto se implementará con el objeto de que ANDE vaya estudiando esta tecnología que se prevé será una alternativa real a los combustibles fósiles en Paraguay, considerando que el país reúne excelentes condiciones dada la disponibilidad de energías renovables para su producción.

**Tabla 9. Resumen de las características de la planta piloto en Acaray**

Planta Fotovoltaica	
<p><b>Fija en tierra</b></p> <p>El costo es de 3 USD/Wp instalado, resultando un total de 120.000 USD</p> 	<p><b>Con seguidores de 2 ejes</b></p> <p>El costo es de 3,5 USD/Wp instalado, resultando un total de 140.000 USD</p> 
<p><b>Flotante</b></p> <p>El costo es de 3,5 USD/Wp instalado, resultando un total de 140.000 USD</p> 	
Sistema de Almacenamiento y Generación de Respaldo	
<p><b>Banco de batería compartido</b></p> <p>Banco de Baterías de Ion-Litio, con capacidad de almacenamiento de 50 kWh útil de electricidad, considerando una profundidad de descarga del 70%, con un costo aproximado de 300 USD/kWh, un total de 15.000 USD</p> 	<p><b>Producción de Hidrógeno y generación de electricidad</b></p> <p>Equipo el electrolizador y Celda de combustible, tal que se genere la acumulación necesaria para suministrar 50 kWh útiles de electricidad, en 6 horas, a una tasa de uso variable según la demanda instantánea existente.</p> 

Nota: Elaborado con base en (Javier Castillo Antezana 2020a).

Como resumen de los requerimientos de desempeño de la planta, a continuación, se presenta una tabla con los aspectos principales:

**Tabla 10. Requerimientos de desempeño de la planta piloto**

Garantía de funcionamiento	Requisito mínimo (o máximo, según corresponda)
Fuente de generación	Mínimo 100% Energías Renovables
Energía Diaria Disponible kWh/día	Mínimo: 100 kWh
Potencia Pico kW	Mínimo 10 kW
Autonomía de operación	Mínimo 6 horas
Disponibilidad anual de	Mínimo 98%

Nota: Extraído de (Javier Castillo Antezana 2020a).

---

## 8. Discusiones Finales

---

En Paraguay se ha progresado significativamente en materia de cobertura del servicio de energía eléctrica. Del total de la población, 99,6 % es atendida. De la proporción de la población sin acceso a electricidad, la mayor parte se localiza en las zonas rurales principalmente alejadas de los grandes centros de consumo o generación, donde la expansión de las redes se vuelve onerosa y técnicamente más compleja, práctica que será poco sostenible conforme crezca y se disperse la demanda.

Además, para hablar de acceso a la energía no sólo es suficiente contar con una conexión eléctrica en el hogar. Bajo el enfoque discutido, existen varios niveles de acceso (Tiers) dependiendo de una serie de criterios aplicados a diferentes sitios o usos, que incluyen: capacidad, duración del suministro, confiabilidad, asequibilidad, legalidad y seguridad. Revisando la situación de Paraguay en cuanto a los indicadores mencionados, encontramos que existen desafíos para mantener un suministro constante, y los indicadores de frecuencia y duración de cortes son valores alejados de la media regional. Además, a diferencia de los países vecinos, la energía eléctrica per cápita consumida es relativamente baja, incluso observando la gran disponibilidad en materia de generación.

Por otra parte, el acceso a tecnología limpias para cocción de alimentos también es un desafío que se podría mitigar al implementar el uso de ERNC, pero para ello se deben plantear estrategias innovadoras que faciliten el uso de tecnologías más modernas, tales como cocinas de inducción y otras.

Para seguir mejorando los niveles de acceso a modo de ofrecer un servicio completo capaz de atender todas las necesidades energéticas de la población, se requiere plantear soluciones diferentes al enfoque actual basadas en la expansión de las redes, y explorar alternativas innovadoras que fomenten el aprovechamiento de las ERNC con gran potencial en el país. La ANDE se encuentra desarrollando un Plan de Acceso Universal a la Electricidad utilizando información geo-referenciada, para identificar los puntos con déficit y seleccionar la mejor alternativa de solución, ya sea la extensión de la red, la implementación de una mini red basada en ERNC, o los sistemas individuales tales como los Fotovoltaicos.

En conjunto con el Plan de Acceso, se implementarán dos proyectos. Por un lado, el Sistema Híbrido de Generación en Puerto Esperanza que funcionará con energía solar al 100%, que además ofrece una solución a la demanda de energía eléctrica en dicha localidad. Por otra parte, la Planta Piloto Demostrativa de ERNC en Acaray, que servirá para la generación de

capacidades técnicas, permitiendo al país tener un laboratorio donde estudiar el funcionamiento de diferentes alternativas tecnológicas para el aprovechamiento de la energía solar, eólica y el hidrógeno verde.

Mejorar el acceso a la energía significa dar mayores oportunidades a las comunidades y facilitar su integración con el resto del país. La calidad de vida de las personas se incrementa gracias al acceso a energía, permitiendo mejorar no sólo las condiciones en los hogares sino también las condiciones en los centros educativos y asistenciales de salud para brindar una mejor atención, la sostenibilidad del medio ambiente, y propiciar la creación de empleos.

El BID viene acompañando este proceso en Paraguay para desarrollar una economía verde entorno a las diferentes comunidades y acercarse así cada vez más a la consecución de los ODS.

En el proceso de elaboración de este documento, se han identificado algunas oportunidades para futuras investigaciones en materia de estudios e información. Por ejemplo, (i) el recopilar y generar datos más específicos para monitorear el progreso en materia de acceso, tal como el porcentaje de la población con y sin acceso a tecnología para cocción limpia, (ii) actualizar el Balance Nacional de Energía Útil, ya que desde el último balance en 2013 hasta la actualidad es probable que hayan cambiado los patrones de consumo; esto permitirá tener una mejor comprensión de los patrones de consumo energético de ciertos sectores como el de la biomasa, y (iii) desarrollar las estadísticas nacionales centradas en las comunidades distantes a modo de contar con información de patrones de consumo energético para la implementación de políticas orientadas a mejorar sus condiciones.

---

## Referencias

---

- Aiello, Roberto. 2021. "La luz que hará realidad los sueños de miles de paraguayos." Inter-American Development Bank, 2021. <https://blogs.iadb.org/energia/es/la-luz-para-miles-de-paraguayos/>.
- ANDE. 2010. "Compilación Estadística 1990-2010." [https://www.ande.gov.py/documentos\\_contables](https://www.ande.gov.py/documentos_contables).
- ANDE. 2021a. "Compilación Estadística 2000-2020." [https://www.ande.gov.py/documentos\\_contables/747/ande\\_-\\_compilacion\\_estadistica\\_2000-2020.pdf](https://www.ande.gov.py/documentos_contables/747/ande_-_compilacion_estadistica_2000-2020.pdf).
- ANDE. 2021b. "Memoria Anual 2020." [https://www.ande.gov.py/documentos\\_contables/746/ande\\_-\\_memoria\\_2020.pdf](https://www.ande.gov.py/documentos_contables/746/ande_-_memoria_2020.pdf).
- Banco Mundial. 2015. "Access to clean fuels and technologies for cooking (% of population) - Paraguay | Data." <https://data.worldbank.org/indicador/EG.CFT.ACCS.ZS?locations=PY>.
- Banco Mundial. 2020a. "GovData360: Getting electricity: System average interruption duration index (SAIDI)." [https://govdata360.worldbank.org/indicators/h2d96dbda?country=PRY&indicator=42570&viz=line\\_chart&years=2014,2019&indicators=944](https://govdata360.worldbank.org/indicators/h2d96dbda?country=PRY&indicator=42570&viz=line_chart&years=2014,2019&indicators=944).
- Banco Mundial. 2020b. "GovData360: Getting electricity: System average interruption frequency index (SAIFI)." [https://govdata360.worldbank.org/indicators/h726d43d4?country=PRY&indicator=42571&viz=line\\_chart&years=2014,2019](https://govdata360.worldbank.org/indicators/h726d43d4?country=PRY&indicator=42571&viz=line_chart&years=2014,2019).
- Bhatia, Mikul y Niki Angelou. 2015. Beyond Connections: World Bank, Washington, DC. <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/24368>.
- BID. 2021. "Marco de acción para lograr el acceso universal en ALC: Desafío Innovación Abierta."
- Diario HOY. 2021. "Diario HOY." <https://www.hoy.com.py/nacionales/ande-registro-pico-historico-de-consumo-ante-calurosa-jornada>.
- Espinasa, Ramón, Augusto Bonzi Teixeira y Fernando Anaya. 2017. "Dossier energético: Paraguay."
- European Commission. 2021. "Interlinkages visualization: KnowSDGs." Accedido el 3 de noviembre de 2021. <https://knowsdgs.jrc.ec.europa.eu/interlinkages-visualization>.
- Hub de Energía. 2018. "Consumo de Leña per cápita." <https://hubenergia.org/es/consumo-de-lena-capita>.
- IEA. 2020. "Defining energy access: 2020 methodology." <https://www.iea.org/articles/defining-energy-access-2020-methodology>.
- INE. 2021. "Estadísticas Sociodemográfica: Vivienda y Hogar." <https://www.ine.gov.py/default.php?publicacion=10>.
- IRENA. 2021. "Renewables Readiness Assessment: Paraguay." <https://www.irena.org/publications/2021/Sep/Renewables-Readiness-Assessment-Paraguay>.



- Javier Castillo Antezana. 2020a. PR-T1285 - Apoyo en el desarrollo de un proyecto para Bahía Negra y Planta Piloto demostrativa en Central Acaray: Informe de Consultoría para el BID. Asunción, Paraguay.
- Javier Castillo Antezana. 2020b. PR-T1285 - Consultoría de apoyo a ANDE en la elaboración de un plan nacional de acceso universal a electricidad: Informe de Consultoría para el BID. Asunción, Paraguay.
- Manena, Alcides. 2018. "Mestizaje y diversidad en el Pantanal." Última Hora, 22 de octubre. Accedido el 12 de octubre de 2021.156Z. <https://www.ultimahora.com/mestizaje-y-diversidad-el-pantanal-n2774949.html>.
- MOPC. 2021. "A partir de julio se iniciará la implementación del programa de certificación de biomasa en las industrias." <https://www.mopc.gov.py/index.php/noticias/partir-de-julio-se-iniciara-la-implementacion-del-programa-de-certificacion-de-biomasa-en-las-industrias>.
- OLADE. 2020. "Energy Prices In Latin America And The Caribbean. Annual Report April 2020." <http://www.olade.org/en/publicaciones/energy-prices-in-latin-america-and-the-caribbean-annual-report-april-2020/>.
- Poder Ejecutivo. 2016. "Decreto N° 6.092/2016. Por el cual se aprueba la política energética de la República del Paraguay, se designa coordinador y secretario ejecutivo para su difusión y ejecución." <https://www.ssme.gov.py/vmme/pdf/decretos/DECRETO%20N%206904-Rebalanceo%20tarifas.pdf>.
- UN. 2021. "Climate Action." <https://www.un.org/sustainabledevelopment/climate-action/>.
- UNEP. 2021. "GOAL 7: Affordable and clean energy." <https://www.unep.org/explore-topics/sustainable-development-goals/why-do-sustainable-development-goals-matter/goal-7>.
- VMME. 2016. "Anexo - Decreto N° 6.092/2016. Política energética de la República del Paraguay." [https://www.ssme.gov.py/vmme/pdf/decretos/Anexo%20Decreto%206.092-2016\(B\).pdf](https://www.ssme.gov.py/vmme/pdf/decretos/Anexo%20Decreto%206.092-2016(B).pdf).
- VMME. 2021. "Agenda de Energía Sostenible: Paraguay 2019-2023." [https://www.ssme.gov.py/vmme/pdf/agenda/AgendaEnerdelParaguay%20-%20VFinal\\_compressed.pdf](https://www.ssme.gov.py/vmme/pdf/agenda/AgendaEnerdelParaguay%20-%20VFinal_compressed.pdf).

