

LA PROSPECTIVA ENERGÉTICA 2050 DE PARAGUAY



**EL DESAFÍO DE EXTENDER LA SOSTENIBILIDAD
ENERGÉTICA EN LOS USOS FINALES**

RESUMEN, CONCLUSIONES Y DESAFÍOS¹

LA PROSPECTIVA ENERGÉTICA 2050 DE PARAGUAY

**EL DESAFÍO DE EXTENDER
LA SOSTENIBILIDAD ENERGÉTICA
EN LOS USOS FINALES**

Informe “La Prospectiva Energética 2050 de Paraguay: el desafío de extender la sostenibilidad energética en los usos finales” Resumen, conclusiones y desafíos

Reseña:

Una prospectiva de la matriz energética del Paraguay al año 2050 es el objetivo. Su principal referencia metodológica es la herramienta LEAP (*Low Emissions Analysis Platform*) del Stockholm Environment Institute.

El estudio complementa a la Política Energética Nacional al 2040, a la Prospectiva Energética 2013-2040 y es un seguimiento al Informe Nacional sobre Desarrollo Humano Paraguay 2020, *Energía y Desarrollo Humano*. Se elaboran cuatro escenarios de demanda y de oferta de energía sobre la base de dos tendencias socioeconómicas y dos energético-ambientales. Estos se denominan, en guaraní-español: 1) Kangy/Débil, 2) Oiko mbegue/Funcionamiento limitado, 3) Ate´y/Perezoso y 4) Mbarete Porâ/Dinámico.

Seguidamente, se analiza la demanda por fuentes energéticas y por sectores de consumo. Así también se incluyen notas sobre la oferta energética y la emisión de gases de efecto invernadero (GEI). Posteriormente, están las conclusiones que muestran, especialmente para los objetivos energéticos sostenibles, una creciente participación de la electricidad y los biocombustibles (bioetanol) y una sensible reducción de los GEI frente a los escenarios tendenciales.

Los desafíos se ubican al final, incluyendo gobernanza y eficiencia del sector energético, mayor uso de electricidad en las industrias existentes, la certificación de la biomasa para fines energéticos, la penetración de nuevas fuentes energéticas como solar, hidrógeno verde y biocombustibles (biodiesel) y una estrategia sobre la electro-movilidad, entre otras, para una agenda energética sostenible.

Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD)

Silvia Morimoto, Representante Residente

Alfonso Fernández de Castro, Representante Residente Adjunto

Veronique Gerard, Oficial de Programa Desarrollo Sostenible

Roberto Céspedes, Especialista Social

Equipo técnico redactor:

Victorio Oxilia, Estela Riveros, Diana Valdez, José Sosa, Enrique Burzarquis, Félix Fernández y el acompañamiento institucional del Viceministerio de Minas y Energía, mediante Hugo Ramírez.

Diseño y diagramación: PNUD Paraguay

Copyright ©PNUD 2021

Todos los derechos reservados

Elaborado en Paraguay

Referencia bibliografía:

PNUD. 2021. Informe “La Prospectiva Energética 2050 de Paraguay: el desafío de extender la sostenibilidad energética en los usos finales” Resumen, conclusiones y desafíos. Asunción, Py. 17 Páginas.

Cita sugerida:

(PNUD, 2021)

1.

INTRODUCCIÓN

1.1. Paraguay es un país donde casi toda la oferta interna de energía primaria es renovable. Cuenta con alto porcentaje de fuente renovable y sostenible, la hidroenergía (53% de esta oferta, en el año 2019), que se transforma en electricidad; y un notable porcentaje de participación de leña (28%) que enfrenta el desafío urgente y creciente de la sostenibilidad.

Sin embargo, el uso de la energía presenta valores muy diferentes y que no son consistentes con la oferta. Efectivamente, más de 39% del consumo final de energía se basa en combustibles fósiles importados (diésel y gasolinas en gran proporción), que se consumen especialmente en motores de combustión interna en el transporte, mientras que la incidencia de la electricidad en el consumo final es de poco más de 17%.

La abundante oferta de electricidad no es usada en el transporte y su uso en los segmentos industriales (cerca de 13% del consumo final de este sector) es muy limitado dado que la biomasa (principalmente la leña) es la principal fuente de energía para la industria. La mayor parte de la electricidad (64,2% de lo producido en el país), que es casi totalmente de origen renovable, es exportada a Brasil y Argentina, en virtud de los tratados que rigen las dos grandes centrales binacionales (ITAIPU y YACYRETA)².

1.2. Esta aproximación a la matriz energética nacional, así como a las potencialidades de uso de fuentes renovables de energía y de políticas sostenibles, se analizaron en el *Informe Nacional sobre Desarrollo Humano Paraguay 2020: Desarrollo Humano y Energía*³. El informe presentó un enfoque integral: el desarrollo humano de Paraguay se fundamenta y vincula a las transiciones económicas y sociales con la transición energética del país con las particularidades mencionadas anteriormente.

Con base en la importancia del sector energético para el desarrollo de Paraguay se ha visto la conveniencia de contar con proyecciones estructuradas de la matriz energética en el largo plazo, con horizonte de tiempo al año 2050, mediante la realización de una prospectiva.

1.3. El análisis de la situación actual del sector energético permite concluir que los desafíos apuntan a la necesidad de contar con una matriz energética más sostenible, lo cual se halla en línea con los compromisos del país en el marco de los Objetivos de Desarrollo Sostenible, especialmente el 7 sobre Energía asequible y no contaminante (ODS 7), y el Acuerdo de París, relacionados con la reducción de emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI).

Ello implica estrategias que impulsan acciones y medidas, del lado de la demanda. Entre las estrategias más relevantes, se citan las siguientes: i) la participación de la hidroelectricidad, incluyendo la producción y uso del hidrógeno verde, en las diversas modalidades de transporte; ii) la sustitución de combustibles derivados de petróleo y parte de la biomasa por electricidad en las industrias; iii) la sustitución del gas licuado de petróleo (GLP) por electricidad en la cocción de alimentos y vi) el aumento de porcentajes de mezclas de biocombustibles.

¹ Informe de consultoría preparado para el PNUD y coordinado por Víctorio Oxilia y equipo integrado por: Estela Riveros, Diana Valdéz, José Sosa, Enrique Burzarquis y Félix Fernández, con acompañamiento de trabajos por parte del Viceministerio de Minas y Energía, presentado en su versión final en mayo 2021.

² Los valores son calculados con base en la publicación: Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones – Viceministerio de Minas y Energía (2020). Balance Energético Nacional 2019.

³ <https://www.py.undp.org/content/paraguay/es/home/library/informe-nacional-sobre-desarrollo-humano---paraguay-2020--desarr.html>

2.

OBJETIVO DEL TRABAJO

2.1. El objetivo del trabajo es realizar una prospectiva de la matriz energética del Paraguay al año 2050. Para el cumplimiento de este objetivo se plantean cuatro escenarios de demanda y de oferta de energía. Se inició el ejercicio con la elaboración de los escenarios de demanda: dos escenarios energéticos sobre la base de dos escenarios socioeconómicos.

2.2. Los escenarios socioeconómicos se fundamentan en el comportamiento del PIB y de su estructura por sector productivo, así como de las proyecciones de indicadores demográficos; ambos factores son determinantes en el comportamiento de la demanda energética. El escenario socioeconómico tendencial considera un crecimiento del PIB (3,08% anual acumulativo o a.a., de ahora en adelante) semejante al que se ha venido verificando desde la década de 1990 hasta el año 2018 (año considerado base para las proyecciones). El escenario socioeconómico optimista lleva en cuenta un impulso económico sensiblemente mayor (5,00% a.a.), con base en el desarrollo de los segmentos industriales.

2.3. Para cada uno de estos dos escenarios económicos se aplica un escenario energético tendencial y otro sostenible. El primero resulta en la extensión de las políticas implementadas actualmente. El escenario energético sostenible considera la implementación de políticas energéticas, más contundentes, orientadas a una transición hacia el amplio uso de la electricidad y la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero.

Por consiguiente, el ejercicio prospectivo resulta en cuatro escenarios de demanda de energía. Para cada uno de estos escenarios proyectados de demanda de energía se ha elaborado el correspondiente escenario de oferta, teniendo en cuenta las necesidades de fuentes de energía para atender la demanda, en cada escenario. La oferta de mayor complejidad es la de electricidad: se ha buscado expandir la oferta sobre la base de fuentes renovables (hidroelectricidad y energía

solar), solo en un escenario se consideró el uso de gas natural, aunque muy limitadamente.

2.4. Por consiguiente, desde el lado de la oferta de energía, con el horizonte de tiempo al 2050, las proyecciones del presente ejercicio prospectivo consideran el concurso de actores estatales y privados para ampliar y diversificar la oferta energética para satisfacer los requerimientos de energía de la matriz energética nacional. La Administración Nacional de Electricidad (ANDE), por ejemplo, contempla, en planes de largo plazo, inversiones en generación eléctrica no convencional; cabe destacar, a manera de ejemplo, el uso de la energía solar mediante la conversión fotovoltaica.

Asimismo, en el presente estudio se prevén trámites diplomáticos de negociación bilateral con Argentina para la ampliación de la central YACYRETA y el aprovechamiento del potencial hidroeléctrico remanente en el tramo internacional del río Paraná, compartido por ambos países. En lo atinente a combustibles renovables, se prevé profundizar la actividad de la industria del etanol y biodiesel, actualmente en manos de un sector privado que ha demostrado notable dinamismo en los últimos años para incrementar la capacidad industrial instalada. Finalmente, para la sostenibilidad de la leña se espera fortalecer los programas de fiscalización del uso masivo de biomasa certificada para usos energéticos en las industrias.

2.5. El marco referencial general de los análisis realizados para fundamentar las políticas de desarrollo sostenible han sido los planes y compromisos nacionales. Efectivamente, con el objetivodeorientarlasaccionesgubernamentales del sector, en el año 2016 fue promulgado el Decreto N° 6092/2016 el cual aprueba la Política Energética Nacional al año 2040 (PEN 2040). Esta política se encuentra alineada con el Plan Nacional de Desarrollo al año 2030 (PND 2030)⁴ y fue resultado de un proceso participativo que involucró a los principales actores del sector

energético nacional. Asimismo, se han tenido cuenta las Contribuciones Determinadas a nivel Nacional (NDC, por sus siglas en inglés) que fueron expresadas como compromiso país en el marco del Acuerdo de París.

También cabe señalar que, en congruencia con la elaboración de la PEN 2040, en el año 2015, fue presentado el estudio de Prospectiva Energética 2013-2040⁵ que tuvo por objetivo realizar las proyecciones de largo plazo de la demanda de energía del Paraguay y de su correspondiente abastecimiento.

2.6. Ese trabajo (Prospectiva Energética 2013-2040) es la principal referencia metodológica para el presente ejercicio prospectivo, pues utiliza la misma herramienta de planificación energética aplicada nuevamente en este ejercicio prospectivo. Se trata del LEAP⁶ (*Low Emissions Analysis Platform*), desarrollado por el *Stockholm Environment Institute*. Este ejercicio tiene como base la perspectiva energética que se cruza con el crecimiento económico.

En la perspectiva energética su eje es el compromiso o no (o significativamente menor), por simplificar, con la sostenibilidad ambiental. En efecto, como ya se señaló, el ODS 7 indica Energía asequible y no contaminante. El crecimiento económico es, por una parte, tendencial y así deviene en recurso escaso o, por otra, dinámico convirtiéndose en recurso suficiente que no necesariamente significa el óptimo, deseado antes que probable.

⁴ El Plan Nacional de Desarrollo 2030 fue aprobado por Decreto 2794/2014. Recientemente, en octubre de 2020, el Equipo Económico Nacional ha aprobado una actualización del plan que se ha venido realizando en la actual administración gubernamental, mediante talleres participativos con actores del sector público y privado.

⁵ Trabajo realizado por la Fundación Bariloche y el Parque Tecnológico Itaipu, con la coordinación del Viceministerio de Minas y Energía y el financiamiento de la entidad ITAIPU Binacional (versión final divulgada en el año 2015).

⁶ Heaps, C.G., 2021. LEAP: The Low Emissions Analysis Platform. [Software version: 2020.1.34] Stockholm Environment Institute. Somerville, MA, USA. Disponible en: <https://leap.sei.org>

3.

LOS CUATRO ESCENARIOS

3.1. Los resultados del ejercicio prospectico al 2050 pueden presentarse como una matriz de cuatro escenarios obtenidos del cruce entre las variables económicas (tendencial y optimista o dinámica) y las energéticas (tendencial y alternativa o sostenible), como se observa en el **Cuadro 1**, con sus nombres en guaraní y castellano.

Asimismo, estos escenarios se presentan en la **Figura 1** con el título y la idea central de cada escenario. En la matriz se conjugan los recursos (productos de una economía de crecimiento tendencial o dinámico) con el compromiso ambiental (mínimo o sustantivo) de la variable energética.

Cuadro 1. Matriz de escenarios

		Escenarios energéticos	
		Tendencial	Alternativo o Sostenible
Escenarios económicos	Tendencial	(1) Kangy Débil	(2) Oiko mbegue Funcionamiento limitado
	Optimista	(3) Ate’y Perezoso	(4) Mbarete porã Dinámico

Fuente: Elaboración propia.

Figura 1. Representación esquemática de los cuatro escenarios de la Prospectiva Energética Paraguay 2050.

 Escenario Socioeconómico Tendencial	 Kangy Débil	 E1. Considera un Escenario Energético Tendencial, el compromiso es débil ya que no hay recursos.
	 Oiko mbegue Funcionamiento limitado	 E2. Considera un Escenario Energético Sostenible, hay compromiso pero el camino es difícil.
 Escenario Socioeconómico Optimista	 Ate’y Perezoso	 E3. Considera un Escenario Energético Tendencial, no hay compromiso a pesar de la existencia de recursos.
	 Mbarete Porã Dinámico	 E4. Considera un Escenario Energético Sostenible, el compromiso y los recursos facilitan el éxito.

Fuente: elaboración propia.

4.

ESCENARIOS DE DESARROLLO ENERGÉTICO: ASPECTOS RELEVANTES DE LA DEMANDA DE ENERGÍA

4.1. Los escenarios E1 (Débil o *Kangy*: sin compromiso ambiental significativo de la variable energética y crecimiento económico inercial) y E3 (Perezoso o *Ate'y*: sin compromiso ambiental significativo de la variable energética y crecimiento económico vigoroso) representan escenarios energéticos tendenciales, con la diferencia que el E3 (Perezoso) se articula con un escenario socioeconómico optimista que eleva el consumo de energía en el largo plazo, pero no se prevén políticas energéticas más drásticas de eficiencia energética ni tampoco de sustitución de fuentes de energía.

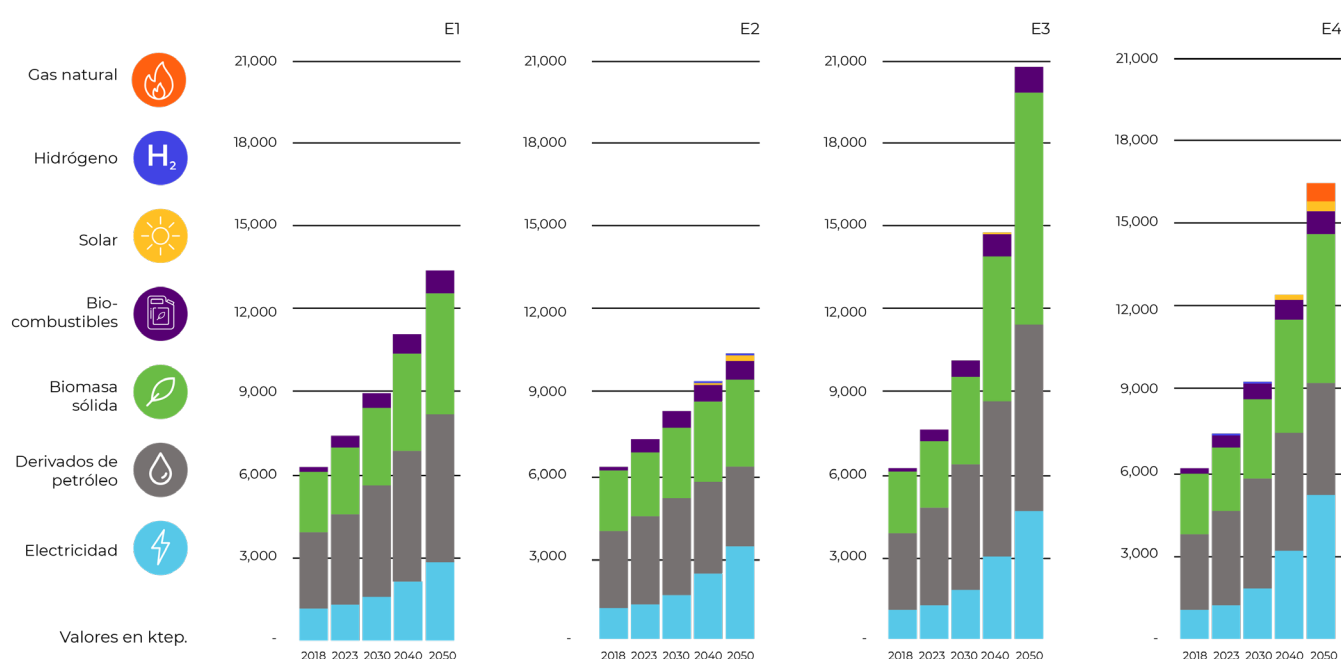
4.2. Por otro lado, los escenarios energéticos sostenibles, el E2 (Funcionamiento limitado o *Oiko mbegue*: compromiso ambiental de la variable energética y crecimiento económico inercial) y el E4 (Dinámico o *Mbarete porã*: compromiso ambiental de la variable energética y crecimiento económico vigoroso) implementan políticas de incentivo del uso de electricidad, llegando a representar, al final del período (2050), alrededor de 32% de la demanda de energía. También son notables las demandas de energía solar con fines térmicos y de biocombustibles (etanol y biodiesel), aunque no se omite destacar

que existen limitaciones de expansión del uso de biodiesel debido a dificultades de acceso a una materia prima que sea sostenible en el largo plazo y que no coloque en riesgo a la seguridad alimentaria.

El E4 (Dinámico) contempla un pequeño uso de gas natural como fuente de energía de uso final en las industrias. Esta incorporación del gas natural se explica, en realidad por el consumo del gas natural en los centros de transformación, por ser opción viable de fuente primaria de energía para atender un crecimiento importante de la demanda eléctrica, como se daría en el E4.

4.3. Las proyecciones de demanda por fuentes de energía se presentan en la **Figura 2**. Puede observarse un cambio en la estructura de consumo energético por fuentes. Por una parte, la electricidad y los biocombustibles son las fuentes que expanden su participación estructural. Por otra, son los hidrocarburos los que tienden a perder participación (por sustitución), en todos los escenarios, con mayor énfasis en los escenarios de implementación de políticas energéticas sostenibles (E2 y E4).

Figura 2. Demanda de energía por fuentes energéticas.



Fuente: elaboración propia con base en los informes del LEAP.

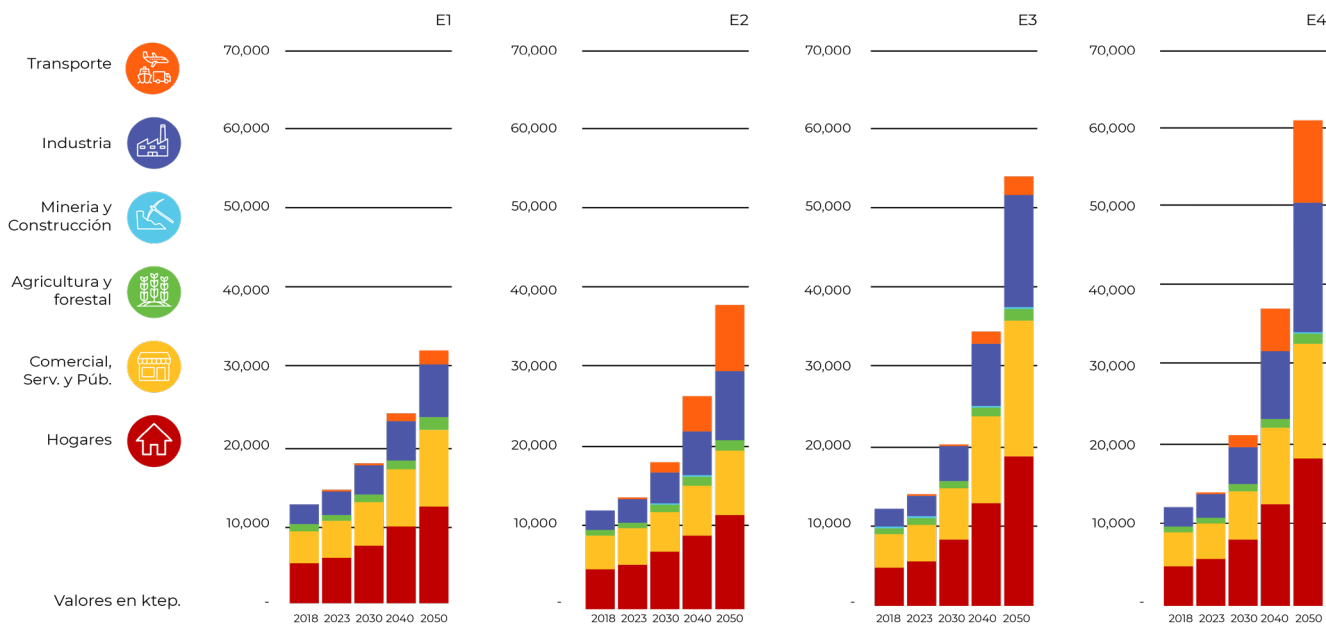
5. DEMANDA DE ENERGÍA, OBJETIVOS SOSTENIBLES Y ELECTRICIDAD

5.1. Para el cumplimiento de objetivos sostenibles de la matriz energética una de las principales medidas contempladas en estas proyecciones es la mayor penetración de la electricidad. Este incremento se basa en la generación a partir de la hidroenergía y se prevé que, en el futuro, las fuentes renovables continuarán siendo usadas, de manera predominante, para la generación eléctrica en el país.

En la **Figura 3** se puede ver claramente que el uso de la electricidad para el transporte y la industria (mediante sustitución de otras fuentes

de energía, en particular los hidrocarburos) es el eje que resulta en un cambio relevante de la estructura de consumo de electricidad por sectores. El desplazamiento hacia el uso de la electricidad en la matriz energética se fundamenta en, por una parte, la gran disponibilidad (por la elevada capacidad disponible en las centrales binacionales) de esa fuente que posee base renovable y, por otra, también en que existen posibilidades de continuar un proceso predominantemente sostenible de expansión de la oferta eléctrica.

Figura 3 . Demanda eléctrica por sectores de consumo.

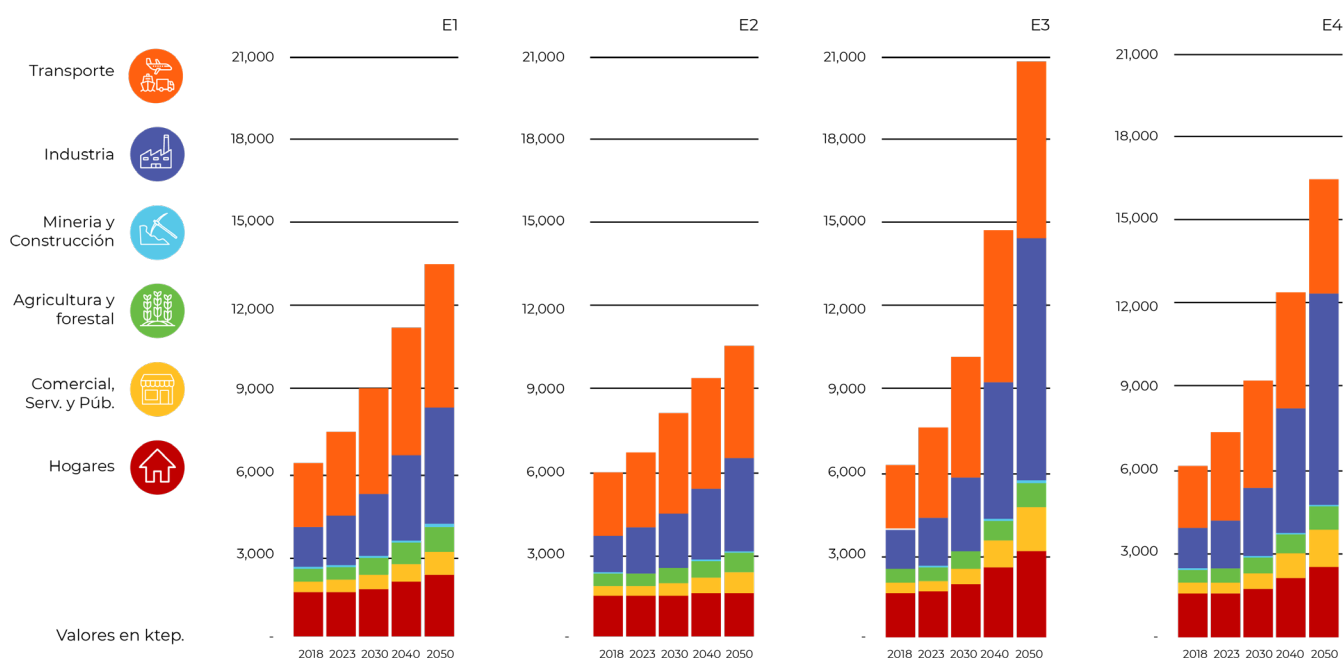


Fuente: elaboración propia con base en los informes del LEAP.

5.2. En la **Figura 3** se muestra el aumento de la penetración de la electricidad en los escenarios E2 (Funcionamiento limitado) y E4 (Dinámico), debido a las medidas y estrategias de reemplazo de fuentes como son derivados de petróleo y biomasa por la electricidad. En la actualidad, el suministro de energía de las centrales binacionales se destina principalmente a la exportación, en los términos que establecen los correspondientes tratados y acuerdos bilaterales. Sin embargo, el incremento en el consumo nacional de energía eléctrica supone un refuerzo importante del Sistema Interconectado Nacional (SIN), particularmente en el segmento de la distribución eléctrica, para poder suministrar estos requerimientos con criterios de calidad.

5.3. El avance de participación de la electricidad en la matriz energética, con especial énfasis en los escenarios de desarrollo energético sostenible (E2 y E4), se basa en un cambio relevante de paradigma en el transporte (de la quema de combustibles fósiles a la electromovilidad sostenible). Este avance tiene implicancias en los escenarios de demanda por sectores. Se nota así un cambio estructural en las participaciones del transporte y de la industria, conforme se presenta en la **Figura 4**.

Figura 4 . Demanda de energía por sectores de consumo.



Fuente: elaboración propia con base en los informes del LEAP.

5.4. Una mirada rápida a la demanda por sectores de consumo (**Figura 4**) puede dar a entender que no hay grandes diferencias en la estructura de consumo para los cuatro escenarios, al menos hasta el año 2030. Sin embargo, se notan incrementos de participación de los sectores productivos (en particular, el sector industrial y el de comercio y servicios) en los Escenarios con base en crecimiento económico optimista: el E3 (Perezoso) y E4 (Dinámico), en particular desde el 2030. En lo que se refiere al sector transporte, se nota inclusive una caída de su participación porcentual en los escenarios energéticos sostenibles, E2 (Funcionamiento limitado) y E4 (Dinámico). Esto se debe a que, conforme ya se ha explicado, se proyecta una substitución de motores de combustión interna por motores

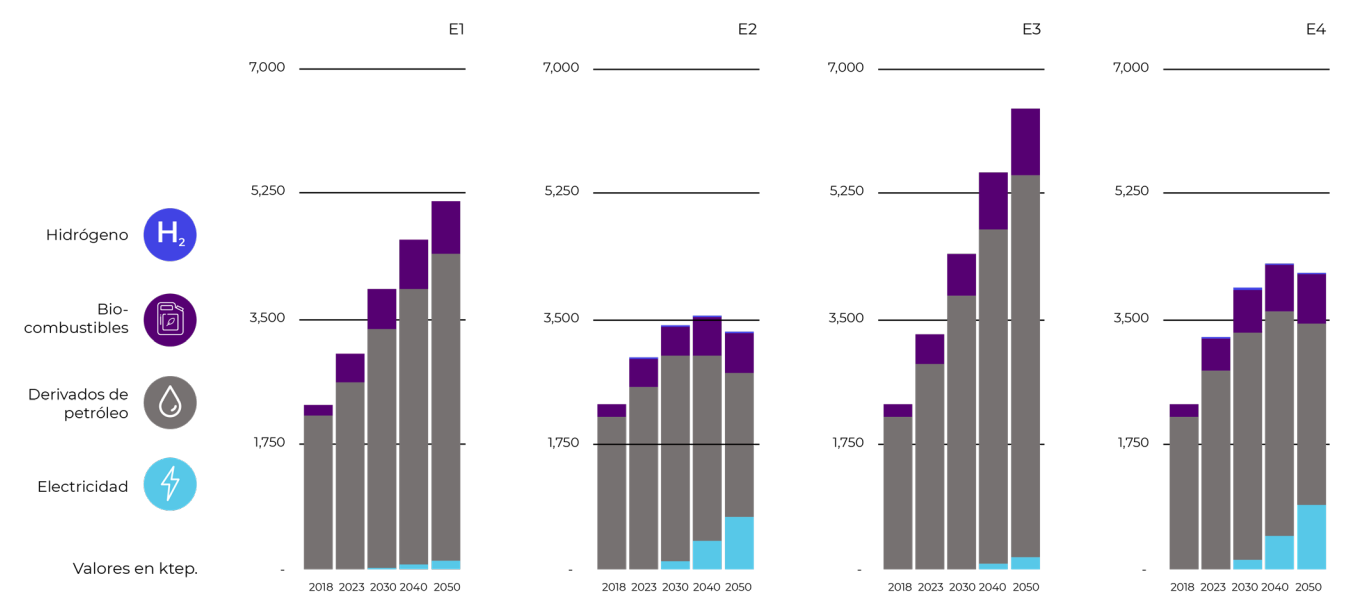
eléctricos, que están asociados a eficiencias de uso notablemente más altas.

5.5. En lo referente a la demanda actual de la industria, como se puede observar en la **Figura 4**, se resalta que el consumo de leña (cuyo principal uso es para producción de calor) se satisface de manera no sostenible (por diversos motivos que no forman parte de este informe pero que deben ser estudiados con mayor profundidad). Se espera que, con la implementación de la certificación de la biomasa forestal con fines energéticos (uno de los programas gubernamentales que entraría en vigor en julio de 2021), la biomasa utilizada para usos térmicos en la industria sea 100% de producción sostenible.

5.6. En la **Figura 5** se puede observar el aumento de la utilización de biocombustibles y la electricidad en el sector transporte. Las fuerzas de mercado, sumadas a las restricciones de emisiones (relacionadas a la combustión de hidrocarburos), se espera que, en el corto y mediano plazo, vayan introduciendo los vehículos con motores eléctricos (con baterías eléctricas, fuel-cell y vehículos flex).

Estas medidas y estrategias pertinentes son un punto clave para el cumplimiento de los compromisos asumidos por Paraguay como Contribuciones Nacionalmente Determinadas (NDC, por sus siglas en inglés), que prevén una reducción de hasta el 20 % de sus emisiones para el 2030 (10% voluntarias y 10% mediante financiaciones internacionales).

Figura 5. Demanda del sector transporte por fuentes.



Fuente: elaboración propia con base en los informes del LEAP.

6.

COMENTARIOS SOBRE LA OFERTA DE ENERGÍA

6.1 Se han tenido en cuenta ciertas consideraciones sobre la oferta de energía eléctrica. Se tomaron valores que se analizan en el marco del Plan Maestro de Generación de la ANDE para los escenarios E1 (Débil) y E3 (Perezoso), ambos tendenciales en lo que respecta al desarrollo energético. Este plan incorpora la energía solar fotovoltaica al parque generador local (la energía solar es una de las fuentes renovables no convencionales en el país que mayores expectativas de expansión de uso está presentando en la actualidad), además de generación hidroeléctrica (Aña Cuá, ampliación de Acaray, entre otras). Los escenarios sostenibles, E2 (Funcionamiento limitado) y E4 (Dinámico), consideran la ampliación de YACYRETA y la incorporación de centrales binacionales (CORPUS e ITA CORA – ITATI) cuya negociación internacional con Argentina escapa a las decisiones de la empresa estatal de electricidad. No se omite mencionar la relevancia de los recursos hidráulicos aún disponibles en la cuenca compartida del río Paraná que aún pueden ser aprovechados. También el río Paraguay y otros cursos de agua en territorio nacional pueden ser utilizados con las tecnologías apropiadas para la conversión a energía eléctrica.

6.2 Cabe destacar que, en el caso del Escenario 4 (Dinámico), en el cual se alcanza el mayor valor de demanda eléctrica, se incluye a una central térmica en el Chaco central operando con gas natural boliviano o nacional (esta consideración tiene el objetivo de prever el abastecimiento de la demanda futura de energía eléctrica, según las proyecciones resultado de esta prospectiva). Además, en los dos escenarios con economía optimista, E3 (Perezoso) y E4 (Dinámico), se espera alcanzar la capacidad instalada actual antes del 2050. Es decir, habría riesgo de desabastecimiento de potencia en caso de presentarse escenarios de economía optimista.

6.3 En lo referente a los biocombustibles, el escenario E4 (Dinámico) es el que exigiría una mayor demanda de etanol y biodiesel. El sector alcoholero es muy dinámico y presenta una dependencia cada vez mayor de la producción de maíz (la caña de azúcar ocupa actualmente una posición secundaria como materia prima en la producción de etanol). Por su parte, el biodiesel es el biocombustible líquido que más riesgo presenta en cuanto al acceso a la materia prima agrícola, por la dependencia de un rubro con altos niveles de exportación: la soja, el único cultivo que podría, en las condiciones que se verifican en la actualidad, sustentar los niveles de producción de aceite vegetal para la esterificación -esto es, formación de un éster mediante la unión de un ácido con un alcohol o fenol.

6.4 El uso de la leña, conforme se ha mencionado, no es sostenible en el tiempo. Las plantaciones actuales no satisfacen las necesidades totales actuales, por lo que existe una gran presión sobre los recursos de bosques nativos. La situación puede empeorar. No obstante, se vislumbra una posible solución en el caso de implementarse el programa previsto por el gobierno de uso de biomasa certificada para fines energéticos en las industrias, que se prevé implementar desde julio de 2021.

7.

EMISIÓN DE GASES DE EFECTO INVERNADERO (GEI)

7.1. Existe una clara reducción del potencial de calentamiento global (a 100 años). Esto se dará gracias a las medidas que implican la drástica reducción de dependencia de hidrocarburos para el sector energético. En la Figura 6 y en la Tabla 1 se observan los porcentajes de disminución de estos potenciales de calentamiento global para los escenarios E2 (Funcionamiento limitado) y E4 (Dinámico) en comparación con los escenarios E1 (Débil) y E3 (Perezoso), respectivamente.

Se puede notar que los Escenarios 1 y 3 (escenarios sin implementación de políticas energéticas sostenibles) son los que presentan mayores emisiones de GEI. Los escenarios energéticos sostenibles, E2 y E4, son los que presentan reducciones de emisiones frente a los escenarios energéticos tendenciales, E1 y E3, con porcentajes que son respectivamente 45% (al comparar el E2 con el E1) y de 32% (al comparar el E4 con el E3). En la Tabla 1 se pueden observar los valores absolutos de emisiones para el año 2050 y las comparaciones que fueron comentadas.

Figura 6. Disminución del potencial de calentamiento global a 100 años de escenarios E2 y E4 respecto a E1 y E3 respectivamente, en porcentajes.



Fuente: Elaboración propia con base en resultados del LEAP.

Tabla 1 - Potencial de Calentamiento Global a 100 años, para el año 2050, medido en millones de toneladas de CO₂ equivalente

Escenarios	2050	Disminución del potencial	% de Disminución del potencial
Escenario 1	17,07	Escenario 2 versus Escenario 1	
Escenario 2	9,46	7,61	45%
Escenario 3	21,13	Escenario 4 versus Escenario 3	
Escenario 4	14,38	6,75	32%

Fuente: Elaboración propia con base en resultados del LEAP

8.

PRINCIPALES CONCLUSIONES

8.1. Se elaboraron cuatro escenarios de demanda de energía que resultan del cruzamiento entre dos escenarios energéticos (uno tendencial y el otro con énfasis en políticas de desarrollo energético sostenible) y dos económicos (uno tendencial y el otro que considera un crecimiento optimista). Los resultados fueron: E1 o Débil (*Kangy*), producto de la combinación de los dos escenarios tendenciales, tanto el económico como el energético; E2 o Funcionamiento limitado (*Oiko mbegue*), producto de la combinación del escenario de crecimiento económico tendencial y de la implementación de políticas de desarrollo energético sostenible; E3 o Perezoso (*Ate´y*), producto de un crecimiento económico optimista pero sin la aplicación de políticas energéticas sostenibles; y E4 o Dinámico (*Mbarete porã*), producto del crecimiento económico optimista combinado con la aplicación del escenario energético sostenible. El software utilizado para las proyecciones es el LEAP (*Low Emissions Analysis Platform*).

8.2. Las proyecciones de demanda energética por fuentes muestran una creciente participación de la electricidad y los biocombustibles. En contrapartida, los hidrocarburos tienden a perder participación, en todos los escenarios y especialmente en aquellos con políticas energéticas sostenibles (E2 y E4). La biomasa sólida tiende a decrecer levemente su participación en la estructura de fuentes de energía en los escenarios E1, E2 y E4; no obstante, su comportamiento es creciente en el E3 debido a la importante demanda de la industria en el caso de tener un crecimiento económico vigoroso, pero sin implementación de políticas energéticas sostenibles.

8.3. Para los objetivos energéticos sostenibles (E2 y E4), una de las principales medidas es la mayor penetración de la electricidad por ser fuente renovable y limpia. Ésta va reemplazando a los derivados del petróleo y, en menor medida, a la biomasa. En estos escenarios también merece ser mencionada la penetración de la energía solar (para usos térmicos directos) y, en menor grado, del hidrógeno verde (para el transporte).

8.4. Al considerar sectores de consumo, se ven incrementos, especialmente desde el 2030, en los escenarios económicos optimistas (E3 y E4), en particular en el sector industrial y el de comercio y servicios. En los escenarios energéticos sostenibles (E2 y E4), se nota una caída del sector transporte por la sustitución de hidrocarburos y biocombustibles por motores eléctricos, que son más eficientes que los de combustión interna.

8.5. Los escenarios energéticos sostenibles presentan sensibles reducciones en la emisión de GEI frente a los escenarios energéticos tendenciales, es decir, escenarios en los que se aplicarían políticas más ambiciosas desde la perspectiva de sostenibilidad, en comparación con la tendencia de políticas actuales.

9. DESAFÍOS

9.1/ El paso inicial que facilitaría definir trayectorias más próximas a los escenarios energéticos sostenibles es de orden institucional. La creación del Ministerio de Energía, como ente aglutinador y rector de políticas integrales del sector energético, es una necesidad identificada en todos los diagnósticos realizados sobre el sector desde la década de 1990. La función de coordinación de los diversos subsectores que conforman el sector energético es relevante, así como la formulación de políticas, la planificación y el seguimiento permanente de la implementación de estrategias.

9.2/ Los programas de eficiencia energética para todos los sectores de consumo de energía, así como para las instalaciones de oferta, se encuentran entre las estrategias de carácter general que podrían implementarse en consecución de una matriz energética más sostenible.

9.3/ El mayor uso de la electricidad en la industria dependerá de transformaciones tecnológicas y de instrumentos financieros específicos para este sector, evitando el elevado uso de hidrocarburos y de biomasa no sostenible, como se da actualmente.

9.4/ La firme implementación del programa de biomasa certificada en las industrias es necesaria. Esto debe ir acompañado de programas de reforestación energética, así como del diseño e implementación de rigurosos procedimientos de fiscalización en todo el territorio nacional. De acuerdo con la normativa vigente, este importante programa debería estar en implementación desde el segundo semestre del año 2021.

9.5/ En caso de darse un crecimiento económico acelerado y sostenido en el tiempo, con la implementación de las medidas de profundización del uso de la electricidad en el transporte y en la industria, será necesario (para un horizonte de largo plazo) diseñar un plan maestro de generación, transmisión y distribución eléctrica apropiados a las proyecciones de la demanda.

Las mayores incertidumbres del plan se referirían a las centrales hidroeléctricas binacionales que presentan la complejidad adicional de la necesidad de contar con acuerdos bilaterales ratificados por los respectivos Congresos.

9.6/ La consecución de una matriz energética más sostenible exigirá con participación de actores públicos y privados, una hoja de ruta de desarrollo del transporte eléctrico que incluya el transporte público y el privado, el uso de hidrógeno verde en todas las modalidades de transporte e instrumentos financieros, entre otros. En el mismo sentido, será necesario trazar, en lo que se refiere a la demanda de energía, políticas públicas y normativas claras de incentivo para la importación y/o ensamblaje de vehículos eléctricos particulares y de una planificación rigurosa de estaciones abastecedoras de carga eléctrica. La hoja de ruta necesariamente deberá contemplar temas sociales y ambientales de la transición al transporte eléctrico.

9.7/ En lo que respecta a la oferta de energía de los escenarios de desarrollo energético sostenible, en relación con los biocombustibles líquidos será necesario estudiar de manera amplia y multidisciplinaria el acceso sostenible a la materia prima de manera que no afecte la seguridad alimentaria.

9.8/ El aprovechamiento de la energía solar, tanto de manera directa para usos térmicos como mediante la conversión fotovoltaica, es viable y conveniente; también se debe mejorarlo para diversificar de manera sostenible la matriz energética.

9.9/ El uso de gas natural para atender a los incrementos de requerimientos de electricidad y el aprovechamiento de fuentes renovables no convencionales (energía solar, eólica, pequeñas centrales hidroeléctricas o PCHs) deberían, en principio, ser tenidos en cuenta en las proyecciones de la oferta energética del país, con base en estudios sobre la disponibilidad y acceso

a la energía primaria y la viabilidad técnica, económica y ambiental. Con el gas natural también debe considerarse, además del análisis comparativo permanente con relación al acceso a fuentes locales y renovables de energía, la viabilidad política, pues al menos parte de esa fuente deberá ser importada, hasta tanto se desarrolle la explotación nacional de hidrocarburos (tanto los convencionales como no convencionales), en el caso de que el gobierno decida implementar una política ambiciosa en este sentido.