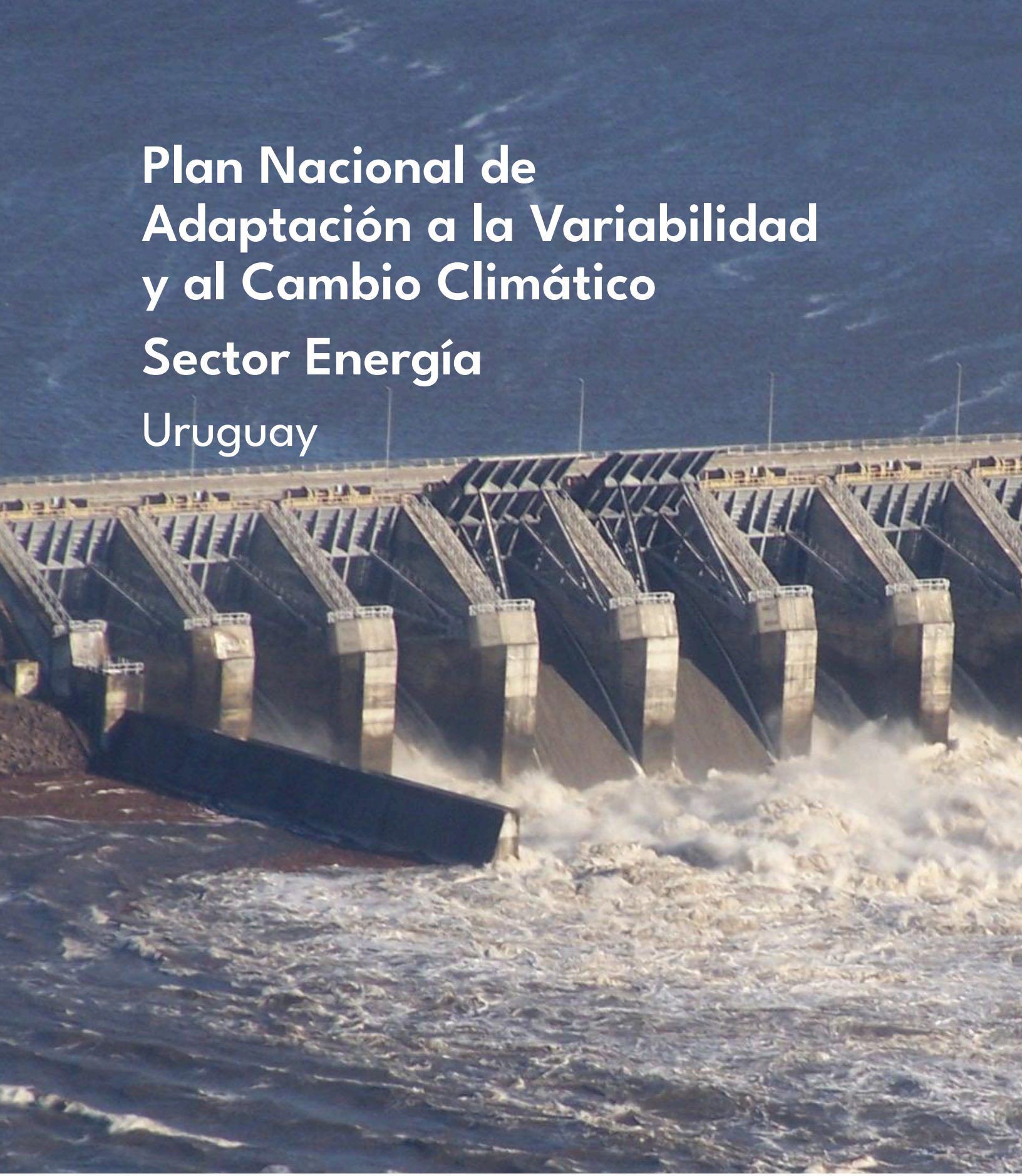
Plan Nacional de Adaptación a la Variabilidad y al Cambio Climático

Sector Energía

Uruguay



Ministerio
de Industria,
Energía y Minería

Plan Nacional de Adaptación a la Variabilidad y al Cambio Climático

Sector Energía

Uruguay

NAP-E

Julio, 2024

Ministra de Industria, Energía y Minería
Elisa Facio

Subsecretario de Industria, Energía y Minería
Walter Verri

Director Nacional de Energía
Christian Nieves

Comité para la elaboración del NAP-E

Coordinación: Ministerio de Industria, Energía y Minería

Integrantes: Ministerio de Ambiente

Oficina de Planeamiento y Presupuesto

Administración Nacional de Combustibles, Alcohol y Portland

Usinas y Transmisiones Eléctricas

Agradecemos la contribución en la construcción del Plan de todas las instituciones y personas participantes en las distintas instancias y formatos de trabajo, talleres, entrevistas, reuniones, aportes y revisión de documentos.

Para la elaboración del NAP-E se recibió apoyo del **Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo** (2020) y del **Banco Interamericano de Desarrollo** (2021 - 2024).

Este informe se ha elaborado procurando el uso de expresiones y conceptos que no excluyan a las personas por su género. En algunos casos, con el fin de evitar la sobrecarga gramatical se ha utilizado el masculino genérico en el entendido de que éste designa indistintamente a hombres y mujeres, sin que por ello deba interpretarse un uso sexista del lenguaje.

Prólogo

El cambio climático es una realidad que afecta a todos los sectores de la sociedad y la economía, y el energético no es una excepción. La transición hacia un sistema energético resiliente y adaptado a los efectos adversos del cambio climático es una necesidad, dado el rol de la energía en el desarrollo económico y social. Es en este marco que presentamos el Plan Nacional de Adaptación a la Variabilidad y al Cambio Climático - sector Energía (NAP-E), una iniciativa liderada por la Dirección Nacional de Energía del Ministerio de Industria, Energía y Minería, y co-construida con los actores relevantes para la adaptación en el sector.

El NAP-E tiene como propósito principal mejorar la capacidad de adaptación del sistema energético uruguayo, fortalecer su resiliencia y reducir su vulnerabilidad ante las amenazas climáticas. Este Plan reconoce los altos niveles de incertidumbre asociados al cambio climático, así como la incertidumbre propia de la evolución tecnológica, y adopta un enfoque iterativo, adaptativo y de aprendizaje continuo. Este enfoque permitirá instaurar los procesos de trabajo necesarios para integrar de manera transversal la adaptación al cambio climático, con la participación de todos los actores clave, incluyendo el sector público, privado y la academia.

El objetivo general del NAP-E es reducir la vulnerabilidad climática del sistema energético uruguayo para asegurar que siga cumpliendo su función esencial de proporcionar acceso a energía de calidad a la población y contribuir al desarrollo sostenible del país.

Para lograr este objetivo, el NAP-E se estructura en cinco líneas de acción a implementarse de forma progresiva, asegurando una adaptación continua y efectiva: Gobernanza, Fortalecimiento de capacidades y sensibilización, Gestión de la información y generación de conocimiento, Reducción de vulnerabilidades y Monitoreo, evaluación y aprendizaje.

Desde el Ministerio de Industria, Energía y Minería invitamos a los actores del sector a sumarse a su implementación. Confiamos en que el NAP-E será una herramienta para guiar nuestros esfuerzos hacia un sistema energético más robusto y resiliente a la variabilidad y al cambio climático, contribuyendo así a un futuro sostenible para el país.

Elisa Facio
Ministra de Industria, Energía y Minería

Contenido

Prólogo 4
Índice de Figuras 6
Índice de Tablas 7
Abreviaturas 7
Estructura del Documento

Parte I Contexto y Problematización 10
1. Capítulo 1 Introducción 11
1.1. Clima, Energía, Desarrollo y Adaptación al Cambio Climático 11
1.2. La adaptación a nivel nacional y el enfoque del NAP-E 14
2. Capítulo 2 Proceso de Construcción y Metodología 17
3. Capítulo 3 Marco Político-Institucional para la Adaptación en Energía 20
3.1. Marco político-institucional 20
3.2. Actores del sector energético 26
4. Capítulo 4 Descripción del Sector Energético Uruguayo 32
4.1. Descripción del sector energético uruguayo 32
4.2. Una mirada hacia adelante del sector energético uruguayo 50

Parte II Vulnerabilidad Climática del sector energético
5. Capítulo 5 Análisis de vulnerabilidad del sector energético uruguayo 55
5.1. Introducción y Marco Conceptual de la Adaptación al Cambio Climático 55
5.2. Análisis de vulnerabilidades del sector energético uruguayo 60

Parte III Estrategia de Implementación, Medidas de Adaptación y Seguimiento
6. Capítulo 6 Estrategia de Implementación 79
6.1. Propósito y Visión Estratégica del NAP-E 79
6.2. Principios del NAP-E 80
6.3. Objetivos del NAP-E 82
6.4. Líneas de acción del NAP-E 83
6.5. Fases de Implementación del Plan 84
7. Capítulo 7 Monitoreo, Evaluación y Aprendizaje 89
7.1. Introducción 89
7.2. El MEL en el NAP-E 90

Anexo I Descripción de las Medidas de Adaptación Propuestas de la Fase I 93
Anexo II Resultados de los talleres de identificación de riesgos en infraestructuras 115
Referencias bibliográficas 119

Índice de Figuras

Figura 1: Estructura del documento.

Figura 2: Abastecimiento de Energía.

Figura 3: Consumo final energético por sector.

Figura 4: Generadores de energía eléctrica.

Figura 5: Mapa de líneas de transmisión gestionadas por UTE y Salto Grande mayores a 60kV.

Figura 6: Consumo final de electricidad por sector (2000-2022).

Figura 7: Demanda media semanal y temperatura (2021 y 2022).

Figura 8: Ventas de combustibles (gasolinas, gasoil, GLP y gas natural).

Figura 9: Abastecimiento de la energía por orígen.

Figura 10: Costo de abastecimiento de la demanda 2007-2022.

Figura 11: Intercambios de energía eléctrica entre Uruguay y sus países vecinos (2011-2022).

Figura 12: Diagrama Flujo (Sankey) del sector energético uruguayo.

Figura 13: Esquema de riesgos climáticos.

Figura 14: Evolución y tendencia de temperatura media en Uruguay y por estaciones.

Figura 15: Evolución de la temperatura media en distintos escenarios socioeconómicos.

Figura 16: Evolución de las precipitaciones en distintos escenarios socioeconómicos.

Figura 17: Evolución de las precipitaciones en distintos escenarios socioeconómicos.

Figura 18: Esquema con objetivos, líneas de acción y fases de implementación del NAP-E.

Figura 19: Monitoreo y Evaluación en el proceso iterativo de adaptación.

Figura 20: Matrices de riesgo a la infraestructura resultante de los talleres de consulta con el sector eléctrico.

Figura 21: Matrices de riesgo a la infraestructura resultante de los talleres de consulta con el sector combustibles.

Índice de Tablas

Tabla 1: Esquema del proceso de construcción.

Tabla 2: Cadena de valor del sector eléctrico.

Tabla 3: Cadena de valor del sector combustibles.

Tabla 4: Amenazas e impactos en el sector energético.

Abreviaturas

ADME	Administración del Mercado Eléctrico
AIE	Agencia Internacional de la Energía
AGESIC	Agencia de Gobierno Electrónico y Sociedad de la Información y del Conocimiento
ALUR	Alcoholes del Uruguay
ANCAP	Administración Nacional de Combustibles, Alcohol y Portland
ANII	Agencia de Investigación e Innovación
ANTEL	Administración Nacional de Telecomunicaciones
AUDER	Asociación Uruguaya de Energías Renovables
AUGPEE	Asociación Uruguaya de Generadores Privados de Energía Eléctrica
BEN	Balance Energético Nacional
BID	Banco Interamericano de Desarrollo
CAD	Costo de abastecimiento de demanda
CEPAL	Comisión Económica para América Latina y El Caribe
CDN1	Primera Contribución Nacional Determinada
CDN2	Segunda Contribución Nacional Determinada
CMNUCC	Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático
DINACC	Dirección Nacional de Cambio Climático
DINAGUA	Dirección Nacional de Aguas
DNE	Dirección Nacional de Energía
ECLP	Estrategia Climática de Largo Plazo
FCIEN	Facultad de Ciencias, UDELAR
FING	Facultad de Ingeniería, UDELAR
GEI	Gases de efecto invernadero

GLP	Gas licuado de petróleo
INUMET	Instituto uruguayo de Meteorología
IPCC	Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático
MA	Ministerio de Ambiente
MEL	Medición, evaluación y aprendizaje (MEL, por sus siglas en inglés)
MEF	Ministerio de Economía y Finanzas
MIEM	Ministerio de Industria, Energía y Minería
MGAP	Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca
MRV	Monitoreo, reporte y verificación
MVOT	Ministerio de Vivienda y Ordenamiento Territorial
NAP-E	Plan Nacional de Adaptación a la Variabilidad y al Cambio Climático Sector Energía
PNA	Plan Nacional de Adaptación
OLADE	Organización Latinoamericana de Energía
ONUDI	Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial
OPP	Oficina de Planeamiento y Presupuesto
OSE	Obras Sanitarias del Estado
PAG CC	Plan de acción de Género y Cambio climático
PNCC	Política Nacional de Cambio Climático
PNEE	Plan Nacional de Eficiencia Energética
PNUD	Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo
RDM	Métodos de decisión robusta (RDM, por sus siglas en inglés)
SINAE	Sistema Nacional de Emergencias
SNRCC	Sistema Nacional de Respuesta al Cambio Climático
UDELAR	Universidad de la República
URSEA	Unidad Reguladora de Servicios de Energía y Agua
UTE	Administración Nacional de Usinas y Trasmisiones Eléctricas

Estructura del Documento

El documento del Plan Nacional de Adaptación a la Variabilidad y al Cambio Climático Sector Energía (NAP-E)[1] se estructura en tres secciones fundamentales y siete capítulos. La primera sección es el contexto, e incluye una introducción a la temática, su problematización, la memoria de las actividades realizadas para la elaboración del NAP-E, el marco político-institucional, el mapa de actores y la caracterización del sistema energético uruguayo actual y futuro. En la segunda sección se pone foco en la vulnerabilidad, para lo cual se establece el marco de análisis y se hace un análisis de las amenazas climáticas y sus potenciales impactos sobre el sector energético, en función de la información de los escenarios climáticos generados para el país y las consultas realizadas con actores del sector. En la tercera sección se detalla el abordaje de dicha vulnerabilidad, incluyendo la estrategia de implementación del Plan, las medidas de adaptación y sistema de monitoreo, evaluación y aprendizaje (MEL, por sus siglas en inglés). La estructura del documento se resume en la Figura 1.

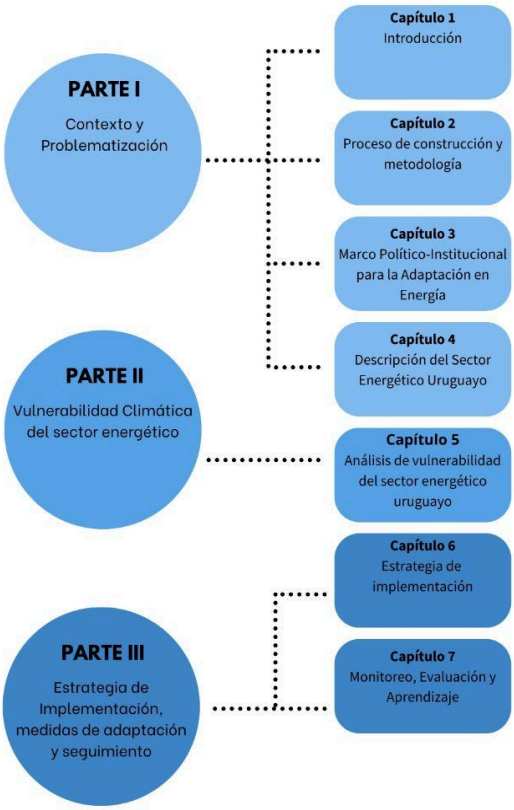


Figura 1 Estructura del documento.

[1] NAP-E, por su sigla en inglés.

Parte I

Contexto y Problematización

Capítulo 1 **Introducción**

1.1. Clima, Energía, Desarrollo y Adaptación al Cambio Climático

El cambio climático representa uno de los principales desafíos globales de nuestro tiempo y sus impactos a nivel mundial, regional y local, plantean amenazas significativas para los sistemas energéticos. La energía, necesaria para toda actividad humana, es uno de los pilares fundamentales del desarrollo socioeconómico. El andamiaje de un sistema social y productivo depende críticamente de la capacidad de abastecerse de energía de forma segura, asequible y sostenible. La falta de acceso a la energía, el acceso de mala calidad o las interrupciones en el suministro energético coartan las posibilidades de desarrollo de las personas. Así, el desarrollo socioeconómico no es posible sin disponer de un suministro energético de calidad, aspecto que queda en evidencia por la alta correlación existente entre consumo energético per cápita y niveles de desarrollo (Banco Mundial, 2016).

El sector energético tiene como función principal la de brindar el acceso de calidad a la energía. Esto implica que el abastecimiento sea seguro, sin interrupciones, sostenible, asequible y suficiente para desarrollar una vida plena. Sin embargo, los sectores energéticos son vulnerables al cambio climático, el cual puede acentuar los peligros e incrementar los riesgos de cumplir adecuadamente con esa función. A modo de ejemplo, cabe decir que la producción de electricidad, en particular de fuentes renovables, las cuales representan más del 90% de la generación eléctrica en Uruguay, depende esencialmente de factores climáticos. La ocurrencia de precipitaciones o períodos de sequía y los consecuentes aportes a las cuencas hídricas para la generación hidroeléctrica; la intensidad de los vientos o la radiación solar, entre otros, afectan la capacidad de generación eléctrica. El aumento gradual y esperado de la temperatura y de sus extremos, tanto olas de frío como de calor, generan picos de demanda energética y, en el caso de las olas de calor, afectan significativamente el rendimiento de los equipos y la capacidad de generación y transporte de electricidad. El aumento del nivel del mar por su parte, desafía el futuro de las instalaciones costeras. Por otra parte, la ocurrencia de fenómenos extremos como vientos severos, tornados, tormentas eléctricas, tormentas de granizo, o precipitaciones extremas y sus consecuentes inundaciones, generan “pérdidas y daños” significativos en las infraestructuras energéticas, tanto eléctricas como de procesamiento, almacenamiento y transporte de combustibles. La evidencia científica muestra que el cambio climático acentuaría la frecuencia e intensidad de los fenómenos climáticos extremos y, por lo tanto, las amenazas sobre las infraestructuras y el sector energético (IPCC, 2021).

El sector energético uruguayo está expuesto a una variabilidad climática significativa. En particular por los regímenes de precipitaciones en las cuencas, ya que se intercalan períodos de precipitaciones y buena disponibilidad de agua para generación hidroeléctrica en el Río Uruguay y el Río Negro, con períodos de sequía, que disminuyen esta capacidad y hacen necesario recurrir a la generación térmica fósil y la importación. Esto incrementa el costo de abastecimiento de la demanda (CAD) y las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), particularmente CO_2. A modo de ejemplo, el último período de sequía que azotó al país -2021-2023- generó sobrecostos en el abastecimiento eléctrico. En el punto más álgido de la crisis hídrica, durante el primer trimestre de 2023, el CAD promedió un valor unitario algo por encima de los 100 USD/MWh, mientras que, para fines de año, en una situación más regular, osciló entre los 50 y 60 USD/MWh[2]. A su vez, dado que la sequía afectó particularmente al área metropolitana de Montevideo, también tuvo impactos sobre el abastecimiento de agua potable, y en la disponibilidad de agua para uso industrial, aspecto que repercutió en la normal operación la Refinería de La Teja, entre otras instalaciones energéticas.

El cambio climático plantea amenazas adicionales a la variabilidad climática histórica registrada en el país. Se estima que en Uruguay la temperatura media aumentó cerca de 0,8°C comparando las décadas 1961-1980 y 1995-2015 (Barreiro, Arizmendi y Trinchín, 2019), y que en las precipitaciones tanto al norte como al sur del país presentan una tendencia positiva hacia el aumento desde 1961 hasta 2017. En el norte los acumulados anuales pasaron de 1.325 mm a 1.450 mm en ese período, lo que implica un aumento cercano al 10%. En la región sur la tendencia fue mayor, en el entorno del 15-20 %, pasando de 1.100 mm a 1.300 mm (Barreiro, Arizmendi y Trinchín, 2019). Los estudios realizados sobre escenarios climáticos para Uruguay muestran la continuidad de estas tendencias, con patrones específicos estacionales y por subregión (Barreiro et al., 2021).

En pocas palabras, el cambio climático podría modificar las premisas de la planificación energética, del diseño, construcción y mantenimiento de la infraestructura y de la operación del sector energético, generando nuevos riesgos, potenciando los existentes.

Por otra parte, el sector energético se encuentra en constante evolución. A nivel global la producción y, fundamentalmente, el uso de la energía -incluido el transporte- generan aproximadamente las ¾ partes de los gases de efecto invernadero (GEI) (Ritchie, 2020), por lo cual es una prioridad para la mitigación del cambio climático. Como respuesta, se están

[2] Basado en: AUGPEE (2023), Monitor de Energía Eléctrica (UCUDAL), varias ediciones 2023-2024 y Barreiro y Renom (2023).

realizando esfuerzos desde la comunidad internacional y cada uno de los países a través de acuerdos, políticas e instrumentos para promover el uso de energías renovables, la eficiencia energética, la gestión de la demanda, el almacenamiento, la electrificación de los usos finales y el desarrollo y despliegue de tecnologías energéticas de bajas emisiones, en particular la movilidad eléctrica y, más recientemente, el hidrógeno verde y derivados, entre otras. La necesidad de acelerar la transición energética y de desplegar nuevas tecnologías acorde a los escenarios presentes y futuros, introduce a la incertidumbre tecnológica como un factor relevante para la planificación energética en el largo plazo y en la adaptación al cambio climático.

Uruguay, en las últimas dos décadas, ha logrado transformar su sistema eléctrico, desde un sistema basado puramente en la energía hidroeléctrica y la térmica fósil de respaldo -complementado con importaciones desde Argentina-, a uno en el que se integran fuertemente las energías renovables, particularmente la eólica, la biomasa y la solar fotovoltaica. El sistema actual, basado en energías renovables y construido en las últimas dos décadas, ha permitido paliar los impactos de las sequías y, por este motivo, la diversificación energética fue una de las medidas de adaptación comprometidas en la Primera Contribución Determinada a Nivel Nacional (CDN1, 2017). Por otra parte, el país se encuentra abocado en profundizar los esfuerzos de mitigación, impulsando una mayor electrificación de los usos energéticos -incluida la movilidad eléctrica-, el hidrógeno verde y sus derivados, el almacenamiento de energía y las redes inteligentes, entre otros.

En este contexto, se hace necesaria una adecuada planificación energética que integre estrategias de adaptación al cambio climático, que permita identificar y reducir las vulnerabilidades actuales y futuras del sector energético, incrementar su capacidad adaptativa, robustez y resiliencia, de modo que provea energía de forma segura, asequible y sostenible, minimice sus disrupciones, sus emisiones de GEI y contribuya al desarrollo socioeconómico del país.

En Uruguay, donde la electrificación alcanza al 99,6% en el medio rural y 100% en urbano (BEN, 2022), mayoritariamente a través del tendido eléctrico[3], las disparidades en vulnerabilidad vinculadas a lo socioeconómico se expresan principalmente en la capacidad de respuesta ante eventos climáticos que afectan las instalaciones propias y a que, en muchos casos las propias instalaciones son frágiles e inseguras. Por otra parte, las edificaciones y en particular las viviendas construidas con escasos recursos, presentan acondicionamiento térmico deficiente y la precariedad de las instalaciones conduce a accidentes, incendios e incluso pérdida de vidas.

[3] UTE mantiene la información sobre servicios no atendidos en tiempo real que puede verse *aquí*.

Por otra parte, también hay vulnerabilidad asociada a lo geográfico, donde comunidades y consumidores que se encuentran en las "puntas de línea" (zonas en que el tendido eléctrico de distribución tiene mayor longitud) son particularmente vulnerables a los impactos que fenómenos climáticos generan sobre las líneas de distribución, que conducen a interrupciones y en general menor calidad en el suministro de energía.

La adaptación al cambio climático en el sector energético debe ser guiada por principios de equidad social, género, generaciones y transición justa, asegurando que las medidas definidas tiendan a cerrar brechas de vulnerabilidad y no a profundizarlas.

EL NAP-E se ha organizado, en su primera fase, para desarrollar las condiciones habilitantes para la adaptación poniendo foco en instaurar la gobernanza, el esquema de monitoreo, evaluación y aprendizaje (MEL), la sensibilización y creación de capacidades, la integración de los equipos técnicos, avanzar en los sistemas de información sobre impactos climáticos, en el análisis de riesgos, y en la articulación institucional.

1.2. La adaptación a nivel nacional y el enfoque del NAP-E

1.2.1. El abordaje sectorial de la adaptación a nivel nacional

La adaptación al cambio climático ha sido definida como una "prioridad nacional" ya desde el Plan Nacional de Respuesta al Cambio Climático del año 2009 y ratificado en la Segunda Contribución Determinada a Nivel Nacional (CDN2, 2022). Dentro de este marco se han publicado y están en implementación el Plan Nacional de Adaptación Agropecuario (PNA-Agro, 2019), el Plan Nacional de Adaptación en Zonas Costeras (PNA-Costas, 2021) y el Plan Nacional de Adaptación en Ciudades e Infraestructura (PNA-Ciudades, 2021). Además, existen otros proyectos e iniciativas que se vienen impulsando en el país, coordinadas desde el Ministerio de Ambiente (MA) y el Sistema Nacional de Respuesta al Cambio Climático (SNRCC).

El Plan Nacional de Adaptación a la Variabilidad y el Cambio Climático Sector Energía (NAP-E) ha sido uno de los compromisos que Uruguay asumió desde su primera CDN.

El NAP-E tiene como propósito principal contribuir a mejorar la capacidad de adaptación, fortalecer la robustez, resiliencia y reducir la vulnerabilidad climática del sector energético uruguayo. Dados los altos niveles de incertidumbre y las características propias de la adaptación, el NAP-E propone un abordaje iterativo, adaptativo y de

aprendizaje continuo, que permita instaurar los procesos de trabajo necesarios para transversalizar la adaptación al cambio climático en el sector energético, con un alto grado de participación de los principales actores del sector, tanto del ámbito público, como privado y la academia. Asimismo, es necesario analizar los posibles impactos sobre los consumidores y sectores vulnerables para determinar la necesidad de acciones específicas, considerando también los aspectos socioeconómicos, de género y generaciones.

1.2.2. Enfoque estratégico del NAP-E

La adaptación al cambio climático en el sector energía debe realizarse, necesariamente, ante altos niveles de incertidumbre. La misma se desprende fundamentalmente de dos aspectos, en primer lugar, del dinamismo innovador en un sector que, como principal contribuyente al cambio climático a nivel global, realiza grandes esfuerzos con el fin de desplegar tecnologías energéticas bajas en carbono y, en segundo lugar, la incertidumbre sobre la evolución local de los eventos hidrometeorológicos y climáticos, ya sea por las limitaciones de la ciencia climática para abordar un sistema tan complejo, la disponibilidad de información, o la propia evolución de la economía mundial y sus emisiones. Por este motivo, la adaptación es dinámica y progresiva, debido a que se van presentando nuevos contextos y desafíos.

En tal sentido, el NAP-E define en sus principios una **estrategia dinámica, adaptativa y flexible**, que tiene como finalidad **integrar de forma transversal la adaptación al cambio climático** en el sector energético uruguayo, para que sea **compatible con los altos niveles de incertidumbre** en el cual se debe transitar este proceso, de forma de **reducir la vulnerabilidad sistémica, estructural y social**. Por otra parte, con el fin de asegurar la pertinencia e implementación exitosa del Plan, el mismo fue **co-construido** con los actores del sector, y su implementación se realizará conjuntamente con las principales empresas estatales energéticas, UTE (Administración Nacional de Usinas y Trasmisiones Eléctricas) y ANCAP (Administración Nacional de Combustibles, Alcohol y Portland), y con la participación de los demás actores relevantes del sector. Por último, también son principios del NAP-E **la transparencia** en la información, así como la **integración con otras políticas públicas** pertinentes, **con una mirada amplia de sostenibilidad** para abordar los impactos diferenciales del cambio climático sobre diversos grupos vulnerables.

El NAP-E tiene como **objetivo general** aumentar la robustez y resiliencia del sector energético uruguayo frente a las amenazas asociadas al cambio climático, reduciendo de forma significativa su vulnerabilidad climática para que este siga cumpliendo satisfactoriamente su función esencial de brindar a la población acceso de calidad a la

energía y contribuir al desarrollo sostenible del país. Además, define objetivos específicos para avanzar en cinco líneas de acción: gobernanza; fortalecimiento de capacidades y sensibilización; gestión de información y conocimiento; reducción de vulnerabilidades y monitoreo, evaluación y aprendizaje. La primera fase de implementación se define para 2024-2026, tiene foco en establecer las condiciones habilitantes y desarrollar el marco de políticas para la implementación, y se definen medidas concretas para la misma. La segunda fase se establece para el período 2026-2030 y profundiza sobre las acciones de la primera fase, mientras que en la tercera fase de implementación (2030-2050) se desarrollan los ciclos iterativos de mejora. Se provee un mayor detalle sobre los objetivos, las líneas de acción, las medidas y sus fases de implementación en el Capítulo 6.

Capítulo 2 **Proceso de Construcción y Metodología**

El NAP-E se co-construyó con los principales actores del sector energético del país. Esta característica es parte del enfoque del NAP-E, ya que es la manera de incluir las diferentes visiones e impulsar la transversalización de la adaptación en todo el sector, uno de los aspectos fundamentales del Plan.

Primera etapa

2020

En la primera etapa de elaboración, iniciada en 2020 y que contó con apoyo del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), se realizó una sistematización de antecedentes bibliográficos nacionales e internacionales sobre adaptación en el sector energía[4] y una primera ronda de consulta con actores en la que se identificaron, de forma preliminar, las amenazas, vulnerabilidades e impactos del sector energético en el país, así como también las brechas de información y conocimiento. Dicho proceso de consulta consistió en una serie de 25 entrevistas semiestructuradas y 3 talleres de intercambio con distintos actores del sector público, sector privado y la academia.

Segunda etapa

2021-2022

En una segunda etapa de elaboración, iniciada en 2021, con financiamiento del Banco Interamericano de Desarrollo (BID), se estableció el Comité de Dirección para la elaboración del NAP-E. En dicho Comité, liderado por la Dirección Nacional de Energía (DNE) del Ministerio de Industria, Energía y Minería (MIEM), participaron además el Ministerio de Ambiente (MA) a través de la Dirección Nacional de Cambio Climático (DINACC), la empresa eléctrica estatal (UTE), la empresa nacional de petróleo (ANCAP) y la Oficina de Planeamiento y Presupuesto (OPP). Además, se avanzó en la definición de las bases conceptuales y el enfoque del NAP-E y sus líneas de acción prioritarias, y en la elaboración de una hoja de ruta para la tercera etapa. La estrategia principal fue la realización de talleres con los actores del sector, en este caso utilizando una metodología de consulta inspirada en los métodos de decisión robusta (RDM, por sus siglas en inglés), que permitió indagar sobre los indicadores de desempeño, las posibles acciones de política para la adaptación, los modelos de datos existentes y las incertidumbres del sector (conocidas como matrices DAMI). Por otra parte, en esta etapa se participó del proyecto ScreenALC, promovido por la Organización Latinoamericana de la Energía (OLADE) e implementado en varios países de la región, y que permitió realizar un análisis de riesgos climáticos al sector

[4] Ver el Informe n°1 "Sistematización de antecedentes sobre adaptación al cambio climático – vulnerabilidades, medidas de adaptación y necesidades de información" (MIEM, 2020). Disponible *aquí*.

energético y sus infraestructuras, constituyendo un insumo adicional para la elaboración del NAP-E.

Tercera etapa

2023-2024

En la última etapa de elaboración, iniciada en el segundo semestre de 2023 y también con apoyo del BID, se volvió a hacer una ronda de consulta, generalmente a través de reuniones bilaterales, sobre el enfoque, las líneas de acción, los estudios necesarios sobre escenarios climáticos y las medidas de adaptación. Además, se realizaron una serie de talleres con técnicos de UTE, ANCAP, URSEA, MA-DINACC y OPP para construir una matriz de riesgos de la infraestructura energética. El primer borrador del plan se cerró en abril de 2024, y luego de un proceso de validación e iteración, se puso en consulta pública en mayo de 2024, aprobándose por Resolución Ministerial en julio de 2024. La Tabla 1 resume las etapas y principales hitos descritos en los párrafos precedentes.

A lo largo de todo el proceso y en diferentes instancias se vieron consultadas o representadas las siguientes instituciones, listadas por orden alfabético:
ADME, ALUR, ANCAP, AUDER, AUGPEE, Dirección General Forestal (DGF) del Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca (MGAP), Dirección Nacional de Aguas (DINAGUA) y Dirección Nacional de Cambio Climático (DINACC) del Ministerio de Ambiente (MA), Dirección Nacional de Emergencias del Sistema Nacional de Emergencias (SINAE), Dirección Nacional de Energía (DNE) del MIEM, empresas distribuidoras de hidrocarburos, tanto de combustibles líquidos como de gas natural y gas licuado de petróleo (GLP), empresas generadoras eléctricas privadas del sector eólico, solar y biomasa, Facultad de Ciencias (FCIEN) y Facultad de Ingeniería (FING) de la UDELAR, Sistema NAcional de Respuesta al Cambio Climático (SNRCC), Instituto NAcional de Meteorología (INUMET), OPP, PNA-Agro, PNA-Ciudades, PNA-Costas, Salto Grande, Unidad Reguladora de Servicios de Energía y Agua (URSEA), y UTE.

Etapa	Principales hitos
Primera Etapa (2020)	· Sistematización de antecedentes nacionales e internacionales · Identificación preliminar de vulnerabilidades a través de talleres y entrevistas con especialistas del sector · Identificación de brechas de información y conocimiento

Segunda Etapa (2021-2022)	· Establecimiento del Comité de Dirección para la elaboración del NAP-E junto con MA, UTE, ANCAP y OPP · Establecimiento de las bases conceptuales del NAP-E, el índice de referencia y las principales líneas de acción · Profundización en el entendimiento de las vulnerabilidades e incertidumbres a través de talleres sectoriales inspirados en la metodología de toma de decisiones robustas (RDM, por sus siglas en inglés) -Talleres DAMI- · Participación en el proyecto ScreenALC, screening de riesgos climáticos (OLADE)
Tercera Etapa (2023-2024)	· Realización de talleres de co-construcción sobre riesgos a las infraestructuras · Última ronda de consulta con actores · Redacción, validación, consulta pública, aprobación, publicación y comunicación del NAP-E · Desarrollo de “acciones tempranas” de implementación

Tabla 1 Esquema del proceso de construcción.

Capítulo 3 **Marco Político-Institucional para la Adaptación en Energía**

3.1. Marco político-institucional

Política Energética 2005-2030

2008

Aprobada en 2008 por el Poder Ejecutivo y en un Acuerdo Multipartidario en 2010 con apoyo de todos los partidos políticos con representación parlamentaria, siendo desde entonces el documento rector del sector energético. Estructurada en cuatro ejes (institucional, oferta, demanda y social), posiciona a las empresas estatales energéticas como principal instrumento para la implementación de las políticas. Su objetivo principal es **"la satisfacción de todas las necesidades energéticas nacionales, a costos que resulten adecuados para todos los sectores sociales y que aporten competitividad al país, promoviendo hábitos saludables de consumo energético, procurando la independencia energética del país en un marco de integración regional, mediante políticas sustentables tanto desde el punto de vista económico como medioambiental, utilizando la política energética como un instrumento para desarrollar capacidades productivas y promover la integración social".** La política constituyó un hito clave para guiar la transformación energética del país.

Sistema Nacional de Respuesta al Cambio Climático y la Variabilidad (SNRCC)

2009

Creado en 2009 a través del Decreto N°238/009, el SNRCC tiene como función principal la de coordinar y planificar las acciones públicas y privadas necesarias para la prevención de los riesgos, la mitigación y la adaptación al cambio climático. Es un espacio de interacción coordinado por la DINACC y en el que participan representantes de diversos ministerios e instituciones públicas.

Plan Nacional de Eficiencia Energética (2015-2024) (PNEE)

2015

Aprobado en agosto de 2015, el PNEE presenta diversos instrumentos, tanto de alcance general como sectorial, a través de los cuales se procura alcanzar una meta de energía evitada de 1.690 ktep en el período 2015-2024. El Plan ha tenido una implementación exitosa y se espera que se actualice luego de culminado el actual período de aplicación.

Ratificación del Acuerdo de París

2016

Tratado internacional vinculante, adoptado por 196 países durante la 21ª Conferencia de las Partes (COP21) de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) en París en el año 2015. Estableció los objetivos a alcanzar y el esquema de gobernanza de los compromisos y las negociaciones climáticas. Sus objetivos son limitar el calentamiento global muy por debajo de 2°C, preferiblemente a 1,5°C, en comparación con los niveles preindustriales, aumentar la capacidad de adaptación a los efectos adversos del cambio climático, promover la resiliencia y el desarrollo de bajas emisiones y promover los flujos financieros para tales fines. El Acuerdo fue ratificado por Uruguay mediante la Ley N°19.439, promulgada el 17/10/2016 y se implementa a través de diferentes acciones.

Política Nacional de Cambio Climático (PNCC)

2017

La PNCC establece el marco general para promover la adaptación y mitigación al cambio climático, con horizonte temporal al 2050. Elaborada de forma participativa con instituciones del sector público, privado, la sociedad civil organizada y la academia, fue aprobada por el Decreto N°310/017 de noviembre de 2017.

Contribuciones Determinadas a Nivel Nacional (CDNs)

2017 y 2022

Las CDNs (NDC por su sigla en inglés) son documentos emitidos por los países en el marco del Acuerdo de París en los que establecen sus compromisos de mitigación y adaptación al cambio climático, de forma periódica cada cinco años y con ambición creciente. Uruguay emitió su primera CDN en 2017, con compromisos al 2025, entre los que se incluye la elaboración, aprobación y puesta en implementación de cinco planes nacionales de adaptación sectoriales, entre ellos el NAP-E. La misma fue aprobada, junto a la PNCC, mediante el Decreto N°310/017. La segunda CDN fue aprobada en noviembre de 2022 y establece compromisos a 2030. La tercera CDN debe presentarse en 2025 con horizonte 2035.

Medidas de Adaptación en Energía incluidas en la primera CDN (2017)[5]:

- Al 2025 se ha formulado, aprobado y se ha iniciado la implementación de un Plan Nacional de Adaptación Energética.

[5] Ambas medidas han sido cumplidas. Según el sistema MRV, a la última fecha disponible (2022), se contaba con 1.973 MW instalados de energía eólica, solar fotovoltaica y biomasa.

- A 2025 la matriz eléctrica se ha diversificado en fuentes reduciendo las vulnerabilidades provenientes de la dependencia de los factores climáticos en la generación hidroeléctrica, con por lo menos 1.700 MW instalados de al menos tres fuentes no tradicionales, y con opción de centrales de acumulación de energía eléctrica.

Medidas de Adaptación en Energía incluidas en la segunda CDN (2022)**:**

- Fortalecer los instrumentos de planificación energética incorporando la adaptación frente al cambio y a la variabilidad climática, mejorar la resiliencia y la capacidad adaptativa del sistema y la infraestructura.
- Al 2030 se ha implementado el Plan de acción 2026-2030 del Plan Nacional de Adaptación en Energía (PNA Energía).
- Identificar y evaluar los riesgos del sector energético en la generación, transmisión y distribución de la energía, así como mejorar la resiliencia de la infraestructura energética actual y futura ante el cambio climático.
- Al 2030 se ha elaborado e implementado una guía para reducción de riesgos del sector energía destinada a los sectores de la demanda energética.
- Al 2030 se ha elaborado e implementado un plan de trabajo para la realización de estudios de vulnerabilidad e identificación de medidas de adaptación y reducción del riesgo, para infraestructuras críticas ante eventos extremos.

Estrategia Climática de Largo Plazo (ECLP)

2021

La ECLP pretende reflejar la visión y aspiración de largo plazo de Uruguay en materia de cambio climático, tanto en adaptación y resiliencia como en emisiones y remociones de Gases de Efecto Invernadero (GEI), considerando escenarios tecnológicamente factibles – con la información disponible al momento de su elaboración - que permita mostrar cómo el país puede contribuir al cumplimiento de los objetivos del Acuerdo de París. Los escenarios trazados apoyan el diseño de las acciones necesarias para alcanzar la CO2-neutralidad[6] como objetivo aspiracional a 2050.

Planes Nacionales de Adaptación (PNAs)

2019-2021

Uruguay, en su primera CDN, se comprometió a la elaboración, aprobación y puesta en implementación de cinco planes nacionales de adaptación sectoriales. Además del NAP-Energía (2024), ya han entrado en implementación el PNA-Agropecuario (2019), que

[6] Uruguay se propone alcanzar la CO2 neutralidad (no carbono neutralidad), tomando en cuenta el perfil de emisiones nacionales y el peso del sector pecuario nacional en el mismo.

apunta a contribuir a la mejora en los medios de vida de las poblaciones rurales a través de sistemas de producción animal y vegetal sostenibles y menos vulnerables los impactos del cambio y la variabilidad climática, el PNA-Ciudades e Infraestructuras (2021), cuyo objetivo es reducir la vulnerabilidad frente a los efectos del cambio climático mediante la creación de capacidades de adaptación y resiliencia en ciudades, infraestructuras y entornos urbanos, y el PNA-Zonas Costeras (2021), focalizado en el fortalecimiento de capacidades para identificar los impactos y las vulnerabilidades del sector costero y definir acciones concretas de adaptación en la zona costera. Además, el país se encuentra trabajando en la elaboración del PNA-Salud[7].

Todos los planes mencionados tienen alguna vinculación con el NAP-E, no solamente por las naturales sinergias y aprovechamiento de la información que cada uno genera (ej.: el análisis de vulnerabilidades del NAP-E se basa en los documentos de análisis climáticos elaborados para el PNA-Ciudades e Infraestructuras y PNA-Zonas Costeras), sino también por la transversalidad propia del sector energético.

En particular, el PNA-Agropecuario se vincula por el hecho de que la materia prima de diversos energéticos es de origen agrícola o forestal, cuyos rendimientos pueden verse afectados por el cambio climático, afectando la disponibilidad para el sector energético. Granos y otros cultivos para la producción de etanol o biodiésel, combustibles de aviación sostenibles, licor negro, leña, residuos de biomasa para la cogeneración de electricidad y el CO_2 biogénico para combustibles sintéticos que eventualmente podrían producirse en el futuro.

Por su parte, la vinculación con el PNA-Zonas Costeras viene dada por la existencia de infraestructuras críticas del sector energético en zonas costeras, en particular la Central de Punta del Tigre sobre el Río de la Plata en San José, la Refinería de La Teja en la Bahía de Montevideo y la Terminal de recepción de petróleo ubicada en José Ignacio, Maldonado.

En el caso del PNA-Ciudades e Infraestructura se relaciona a través de diversos vínculos de la provisión y demanda de energía en entornos urbanos, desde el aseguramiento de la infraestructura, la planificación urbana y la eficiencia energética en edificaciones.

Estrategia de Género y Cambio Climático (2019) **y Plan de Acción en Género y Cambio Climático** (2020-2024)

La Estrategia de Género y Cambio Climático (EGCC) tiene como objetivo dar cuenta del proceso de integración de la perspectiva de género en la implementación de la PNCC, el

[7] Basado en información de la CDN2.

cual sienta las bases para recomendar el avance en la transversalidad de género de la política, integrando instrumentos de planificación de política pública; atendiendo a que las mujeres se encuentran en situación de mayor vulnerabilidad social, con menos capacidades para la adaptación, producto de los procesos de socialización diferenciados en función del sexo y las oportunidades que ello trae consigo, y por lo tanto se encuentran expuestas a un mayor riesgo de sufrir impactos negativos (EGCC, 2019).

El Plan de Acción en Género y Cambio Climático (PAG-CC) establece cuatro áreas prioritarias:

A: Fortalecimiento de capacidades, gestión el conocimiento y la comunicación
B: Equilibrio de género, participación, liderazgo de mujeres
C: Implementación con perspectiva de género
D: Integración de género en los instrumentos de la Política Nacional de Cambio Climático

Además, para los PNAs establece la necesidad de categorizar las medidas de adaptación con perspectiva de género, establecer acciones género correctivas, integrar la perspectiva de género en los procesos de consulta a la sociedad civil y fortalecer capacidades para la planificación de la adaptación sensible al género. Esta misma exigencia es válida también para las medidas de las CDNs.

Política y Plan Nacional de Gestión Integral de Riesgo de Emergencias y Desastres

2020

La Política Nacional de Gestión Integral del Riesgo de Emergencias y Desastres en Uruguay 2019-2030, fue aprobada por el decreto 66/020, del 17 de febrero de 2020 y tiene como finalidad instaurar una cultura preventiva en la gestión de riesgos, lo cual está muy en línea con lo que se proponen los planes nacionales de adaptación. El Plan avanza en la implementación de la política y establece 7 objetivos estratégicos, 27 objetivos específicos y propone la realización de 95 acciones para cumplir 226 metas que serán evaluadas a través de 82 indicadores.

Hoja de Ruta el Hidrógeno Verde y Derivados

2023

Publicada en 2023, establece los lineamientos para impulsar el desarrollo de la industria del hidrógeno verde y sus derivados en el país, uno de los pilares de la llamada segunda transición energética en el camino hacia una economía baja en carbono.

Estrategia Nacional de Economía Circular (ENEC)

2024

El objetivo de la ENEC es impulsar la economía circular en el marco del desarrollo sostenible del país. Para esto se fomenta la investigación, innovación y la sistematización de los conocimientos de los modelos de negocio basados en economía circular, que permita generar información para el diseño de políticas públicas. Entre otros aspectos para promover la economía circular, se incluye como estrategia la incorporación de criterios de circularidad y resiliencia climática de forma transversal en el sector energético. La ENEC se lanzó en 2024 y su elaboración contó con el apoyo del programa PAGE de Naciones Unidas, la Comisión Económica para América Latina (CEPAL), Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUDI) y la Cooperación Alemana.

3.2. Actores del sector energético

Ministerio de Industria, Energía y Minería (MIEM)
Dirección Nacional de Energía (DNE)

El **Ministerio de Industria, Energía y Minería (MIEM)** es responsable de diseñar e instrumentar las políticas del Gobierno referidas a los sectores industrial, energético, minero, de las telecomunicaciones, servicios de comunicación audiovisual y postal, de la propiedad industrial, de las micro, pequeñas y medianas empresas y la regulación en radioprotección. También es responsable de orientar la transformación y el fortalecimiento del aparato productivo nacional, de su matriz energética y su infraestructura de comunicaciones, para el desarrollo sustentable e inclusivo, en el marco de la integración regional y la inserción en un mundo globalizado.

La **Dirección Nacional de Energía (DNE)** está encargada de planificar, organizar y supervisar los recursos humanos, materiales y financieros del sector de energía, implementando de forma eficiente las políticas y estrategias para el cumplimiento de las metas y cometidos específicos de la Unidad. Tiene como cometidos sustantivos: proponer, elaborar y coordinar las políticas, planes y normas necesarios para el desarrollo y funcionamiento del sector energético en el país, contemplar las distintas fuentes de suministro, la generación o producción de energía, su transmisión y distribución, asegurando la utilización racional y eficiente de los recursos energéticos y velar por el acceso universal a la energía de toda la población.

Administración Nacional de Usinas y Trasmisiones Eléctricas (UTE)
Es la empresa estatal de electricidad, presta el servicio de trasmisión y distribución eléctrica en todo el territorio nacional. A su vez, participa en el sector generación con más de la tercera parte de la generación eléctrica (considerando parque de generación propia y en sociedad con terceros) en el país. Es un actor clave para el desempeño del sector energético ya que opera gran parte de sus infraestructuras.

Salto Grande
Salto Grande se configura como un organismo binacional, con delegaciones de Uruguay y Argentina que gestiona la central hidroeléctrica binacional, la mayor infraestructura de generación hidroeléctrica en el país. Con una potencia instalada de 1.890 MW, de los cuales la mitad corresponde a Uruguay y la otra mitad a Argentina, gestiona además la conexión internacional que vincula a los sistemas interconectados de Uruguay y Argentina mediante

un anillo de 500 kV y 2.000 MW de capacidad, jugando un rol clave en el abastecimiento energético del país, en los intercambios energéticos entre ambos países así como en la regulación de la frecuencia y la estabilidad del sistema y en la gestión del caudal del Río Uruguay.

Administración del Mercado Eléctrico (ADME)

La Administración del Mercado Eléctrico, es una persona pública no estatal, creada por el Artículo 4 de la Ley 16.832 del 17 de junio de 1997, que establece el nuevo Marco Regulatorio legal para el Sistema Eléctrico Nacional. Los principales cometidos de ADME son administrar el mercado mayorista de energía eléctrica, y operar y administrar el Despacho Nacional de Cargas (DNC), para optimizar su funcionamiento.

Unidad Reguladora de Servicios de Energía y Agua (URSEA)

Es el organismo encargado de la regulación del sector energético, tanto eléctrico como de combustibles. Creada en 2002 por la Ley N°17.598, fue definida como servicio descentralizado del Poder Ejecutivo en 2020 a través de la Ley N°19.889

Administración Nacional de Combustibles, Alcohol y Portland (ANCAP)

Es la empresa estatal del sector hidrocarburos. Tiene el monopolio de la importación y refinación de petróleo y derivados destinados al mercado doméstico y uno de sus cometidos principales es asegurar el adecuado abastecimiento de combustibles en el país. Juega un rol clave en la operación y el mantenimiento de las infraestructuras del sector hidrocarburos, biocombustibles y en el desarrollo de proyectos de hidrógeno verde.

Empresas distribuidoras de combustibles líquidos

DUCSA, DISA y Axion

La distribución de combustibles en el país se realiza a través de tres empresas (sellos) y se comercializa en más de 470 puestos de venta en todo el país[8]. DUCSA, empresa del grupo ANCAP, es la que tiene la porción mayoritaria del mercado (60% aproximadamente), mientras que Axion y DISA, empresas de capital privado, son los otros dos agentes del mercado.

[8] Ver web de URSEA *aquí*.

Empresas distribuidoras de GLP

DUCSA, Acodike, Riogas y Megal

Cuatro empresas, tres de capital privado y DUCSA, subsidiaria de ANCAP, realizan la distribución de GLP en todo el territorio nacional.

Empresas transportadoras y distribuidoras de gas natural

ANCAP, Gasoducto Cruz del Sur, Montevideo Gas y Conecta

Gasoducto Cruz del Sur (GDCS) es una empresa privada, con participación minoritaria de ANCAP, que opera y mantiene el ducto de transporte de gas natural que se importa desde Argentina y distribuye en Montevideo y la zona sur del país. ANCAP, por su parte, opera y mantiene el gasoducto para la importación de gas desde Argentina hacia la ciudad de Paysandú. Montevideo Gas y Conecta son las dos empresas distribuidoras de gas natural, la primera en la zona de Montevideo y la segunda en el interior del país; ambas empresas con el capital accionario del Estado uruguayo.

Alcoholes del Uruguay (ALUR)

Empresa del grupo ANCAP dedicada a la producción de biocombustibles (biodiésel y bioetanol), así como de otros productos químicos y alimentarios. A su vez, es un actor clave en el desarrollo de los proyectos vinculados al hidrógeno verde y derivados.

Asociación Uruguaya de Generadores Privados de Energía Eléctrica (AUGPEE)

Asociación civil sin fines de lucro, de carácter nacional. Fue creada en 2007 y representa a los generadores privados de energía eléctrica ubicados en el país. Los generadores privados cuentan con casi la totalidad de la potencia instalada solar fotovoltaica, en biomasa, y aproximadamente las dos terceras partes de la potencia eólica, totalizando el aproximadamente el 40% de la capacidad instalada del país, en general contribuyendo al Sistema Interconectado Nacional (SIN) en contratos PPA con UTE.

Asociación Uruguaya de Energías Renovables (AUDER)

La Asociación Uruguaya de Energías Renovables es una asociación civil que se dedica a promover, agrupar empresas o personas, apoyar, temas y proyectos orientados al uso de las Energías Renovables como fuente de recursos naturales, tanto en la generación eléctrica, como el almacenamiento, la movilidad, el *blockchain* y el hidrógeno verde.

Asociación Uruguaya de Hidrógeno

La Asociación Uruguaya de Hidrógeno fue creada por la Asociación Uruguaya de Energías Renovables, la Asociación Uruguaya de Generadores Privados de Energía Eléctrica, la Cámara Uruguaya de la Construcción, la Cámara de Industrias, y la Cámara Uruguaya de Logística, y reúne a diversos grupos empresariales y comerciales, que participan en las diferentes etapas del sector.

Esquema de las principales cadenas de valor del sector energético al momento actual

Sector eléctrico		
Generación	**Trasmisión**	**Distribución**
Hidroeléctrica: Salto Grande -organismo binacional- (945 MW) UTE -Rincón del Bonete, Baygorria y Palmar- (593 MW) **Solar fotovoltaica:** Generadores privados y microgeneradores (296,2 MW) UTE (0,5 MW) **Eólica:** Generadores privados y microgeneradores (1072 MW) UTE como operador y en asociación con terceros (434 MW) **Biomasa:** Generadores privados de gran escala –industrias de papel y celulosa- (655 MW), y generadores privados de menor escala (76 MW) de los cuales 396.5 MW se encuentran disponibles en el Sistema Interconectado Nacional.	SG anillo de interconexión eléctrica con Argentina, 330 km de líneas de 500 kV 4 subestaciones de 500 kV 600 MVA instalados en Transformadores de rebaje en las 4 subestaciones 2400 MVA instalados en Transformadores Step Up de Generación UTE 5.811km línea 93 subestaciones 11.864 MVA en transformadores 570 MW de conversoras de frecuencia	UTE (monopolio estatal) 89.306 km línea 8972 MVA en transformadores 58.761 estaciones y subestaciones[10]

[10] Ver portal de UTE *aquí*.

Térmica Fósil: UTE (1176 MW) Fuente: Series Estadísticas de Energía Eléctrica, MIEM.[9]		

Tabla 2 Cadena de valor del sector eléctrico.

Sector Combustibles			
Cadena	**Importación / Refinación**	**Transporte**	**Distribución y Comercialización**
Petróleo y Derivados	ANCAP (monopolio estatal con excepción en puertos y aeropuertos para aprovisionamiento en tránsito con destino a territorio extranjero)[11]	ANCAP Recepción hasta refinería Refinería a plantas de distribución	**Combustibles líquidos:** DUCSA (grupo ANCAP) DISA AXION **GLP:** Riogas Acodike Megal DUCSA (grupo ANCAP)
Gas Natural	Libre para grandes clientes (volúmenes mayores a 5.000 m3/d).	Gasoducto Cruz del Sur (GDCS) ANCAP (Paysandú)	Montevideo Gas (Montevideo) Conecta (Interior), ambas empresas bajo control estatal
Biocombustibles	ALUR (producción – Grupo ANCAP)		

Tabla 3 Cadena de valor del sector combustibles.

[9] Ver *aquí*.
[11] Según art. 320 y 321 Ley 19924).

3.2.1. Otros actores relevantes en el NAP-E

Además de los actores mencionados propios del sector energético, la implementación del NAP-E requiere de la articulación con otras organizaciones. Se identificaron como entidades de interés del NAP-E a diversos ministerios e instituciones, las cuales se listan a continuación.

La Dirección Nacional de Cambio Climático (DINACC) del MA, la Dirección Nacional de Emergencias del SINAE, la Dirección Nacional de Aguas (DINAGUA) del MA, la Oficina de Planeamiento y Presupuesto (OPP), el Instituto Nacional de Meteorología (Inumet), el Departamento de Ciencias de la Atmósfera y el Instituto de Mecánica de los Fluidos e Ingeniería Ambiental de las facultades de ciencias (FCIEN) e Ingeniería (FING) de la UDELAR son actores clave en distintos ámbitos asociados al NAP-E.

Por otra parte, ministerios como Economía y Finanzas (MEF), Ganadería, Agricultura y Pesca (MGAP), Transporte y Obras Públicas (MTOP), Vivienda y Ordenamiento Territorial (MVOT), el Poder Legislativo, el Congreso de Intendentes y los gobiernos departamentales, entes autónomos, servicios descentralizados, otras agencias y organismos como la Agencia de Gobierno Electrónico y Sociedad de la Información y del Conocimiento (AGESIC), la Agencia Nacional de Investigación e Innovación (ANII), la Administración Nacional de Puertos (ANP), la Administración Nacional de Telecomunicaciones (ANTEL), Comisión Administradora del Río Uruguay CARU, Comisión Administradora del Río de la Plata (CARP), las Obras Sanitarias del Estado (OSE), Uruguay XXI, el sector financiero, las empresas aseguradoras, el sector privado y sus cámaras y asociaciones, organismos internacionales, el sector académico y la sociedad civil organizada, entre otros, también son relevantes en distintos componentes del Plan.

Capítulo 4 **Descripción del Sector Energético Uruguayo**

4.1. Descripción del sector energético uruguayo

4.1.1. Descripción general

Uruguay es un país clasificado como un país de renta alta[12], con un IDH de 0,830 (alto) (PNUD, 2024). Su población, según datos del último censo de población (2023), es de aproximadamente 3,44 millones de habitantes, concentrados mayoritariamente en zonas urbanas (96%) en el sur del país en su capital, Montevideo, y la zona metropolitana (INE, 2023). El acceso a la energía en el país es muy alto, con una tasa de electrificación del 99,9%. El consumo energético anual per cápita es de 1,391 ktep/1000 habitantes y la intensidad energética del PIB asciende a 2,7 tep/M$ (BEN, 2022) .

En términos de pobreza energética, si bien Uruguay cuenta con buenos indicadores de acceso y calidad del servicio eléctrico en términos relativos con la región, también presenta otros desafíos en cuanto a pobreza energética y asequibilidad. El 9,0% de los hogares presentan gasto excesivo en energía, es decir destinan más del 10% de sus ingresos a su provisión energética, a la vez que 16,0% de los hogares se encuentra en situación de pobreza energética oculta que mide la proporción de hogares que tienen un gasto en energía muy bajo en relación a hogares de similares características (Reyes Álvarez, A., Amigo Jorquera, C. y Contreras Lisperguer, R., 2023). Por otra parte, el país presenta valores relativamente altos de precios de la energía para los usuarios finales, puntualmente en lo que refiere a gasolina automotora, gasoil, electricidad residencial y gas natural[13], lo cual afecta también los índices de pobreza energética.

La matriz de abastecimiento de energía de Uruguay en 2022 ascendió a 5.669 ktep, siendo un 43% petróleo y derivados, 39% biomasa, 9% electricidad de origen hidráulico, 7% electricidad de origen eólico, 1% energía solar y 1% gas natural. A su vez, en 2022 se generaron 14.759 GWh de electricidad cuya matriz de generación por fuente se compuso de la siguiente manera: 39% hidráulica, 32% eólica, 17% térmica (biomasa), 9% térmica (fósil) y 3% solar (BEN, 2022).

En términos generales la matriz de abastecimiento energético tiene un alto componente renovable que ascendió al 56% en 2022, lo cual puede ser considerado alto en términos relativos. Por otra parte, tiene también un importante componente de petróleo y derivados

[12] Según la más reciente clasificación de países por niveles de ingreso realizada por el Banco Mundial (año fiscal 2023-2024). Disponible *aquí*.
[13] Ver Indicadores Energéticos, serie de documentos en SEG (2023).

(43%), de los cuales aproximadamente las dos terceras partes correspondieron en 2022 al uso transporte (BEN, 2022). El uso de petróleo y derivados presenta un margen de variabilidad en función del respaldo térmico necesario para cubrir las energías renovables intermitentes y los períodos de sequía en la producción de electricidad. En particular, 2022 fue un año relativamente seco y consecuentemente de mayor utilización de combustibles fósiles para la generación eléctrica.

Otro aspecto característico de la matriz energética primaria es la alta proporción de biomasa, que está asociada principalmente a la industria de celulosa y papel, que utiliza el licor negro, un residuo de su propio proceso productivo, para cogenerar energía -eléctrica y térmica- para uso industrial y verter electricidad a la red. Por su tamaño relativo en la economía uruguaya, esto tiene un impacto significativo en la matriz energética. En lo que refiere a biomasa, también es relevante el uso de leña, tanto para necesidades de calefacción a nivel residencial como a nivel industrial.

En cuanto a la matriz eléctrica, la principal fuente de generación ha sido históricamente la hidroeléctrica, aunque con una alta variabilidad interanual asociada al régimen de precipitaciones. La energía eólica y solar fotovoltaica, desarrolladas principalmente en la última década, son la fuente de aproximadamente la tercera parte de la energía eléctrica, mientras que la biomasa, proveniente principalmente de la industria de papel y celulosa, aunque también de otras centrales de menor escala generalmente asociadas a la industria de la madera o arrocera, representa algo más del 15% , cifra que aumentará debido a la entrada en operación durante 2023 de una nueva planta de celulosa y papel. La térmica fósil y las importaciones de energía eléctrica desde Brasil y Argentina complementan el mapa y se utilizan, desde el ingreso de las fuentes eólica y solar, principalmente como respaldo y equilibrio de los costos del sistema.

En los gráficos de la Figura 2 se pueden apreciar el abastecimiento de energía y la generación de electricidad por fuente tanto para 2022 como para el período 1990-2022, la potencia instalada y la participación de la importación de petróleo y derivados en relación a las importaciones y exportaciones totales, tomados del Balance Energético Nacional 2022.

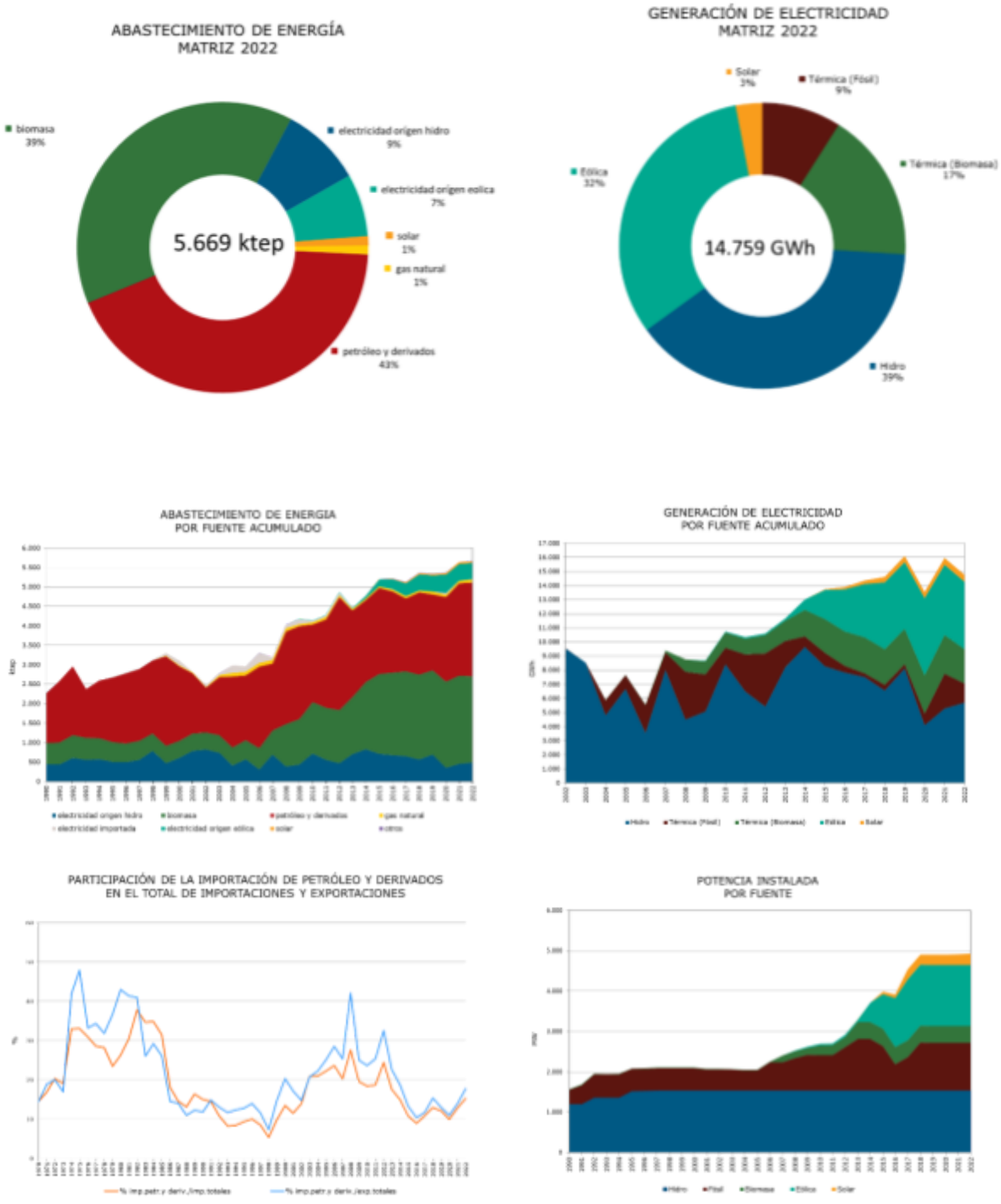


Figura 2 Abastecimiento de Energía.
Fuente: BEN, 2022.

La demanda de energía ascendió en 2022 a 4.836 ktep. Los principales sectores de consumo fueron el industrial con el 42% (vinculado al alto peso de la industria del papel y celulosa) seguido del transporte con el 29%.. La tasa de crecimiento respecto al año anterior fue del 0,5%, en línea con la tendencia de desaceleración del crecimiento económico y del consumo energético. Desde el año 2017, las tasas de crecimiento de la demanda de energía no han superado el 1%, con la sola excepción de 2021 (4,40%) y, en 2022, se consumió en total un 4% más de energía que en 2017; mientras que las tasas de crecimiento en los 10 años anteriores (2006-2016) rondaron el 6% anual.. La figura 3 presenta el consumo energético por sector, tanto para el año 2022 como su evolución histórica, tomados del Balance Energético Nacional 2022.

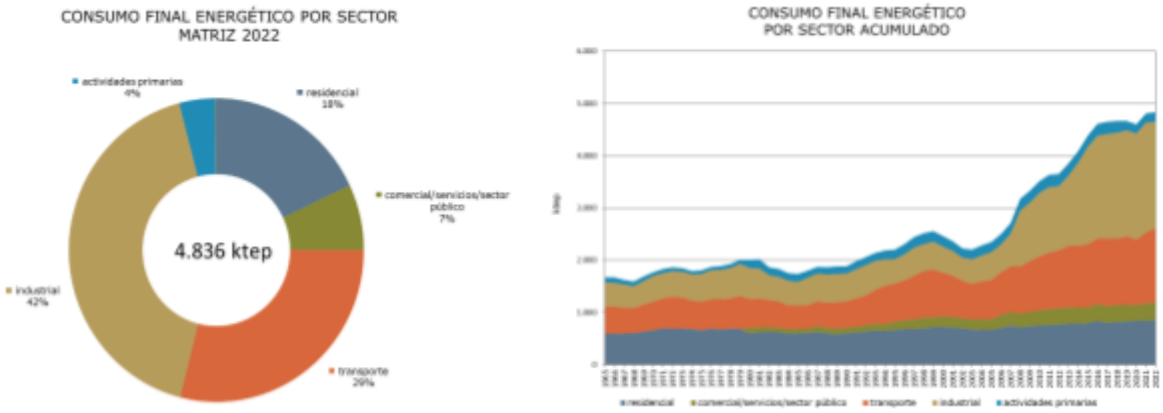


Figura 3 Consumo final energético por sector.
Fuente: BEN, 2022.

4.1.2. Combustibles (biomasa, petróleo y derivados y gas natural)

Petróleo y derivados

Los derivados del petróleo en Uruguay, en su uso energético, se utilizan principalmente para:

- Transporte, principalmente gasoil y gasolinas
- Industrias de la energía (generación de electricidad y refinación de petróleo)
- Industria, principalmente fueloil
- Agro, pesca y minería, principalmente gasoil para sus embarcaciones y maquinaria
- Residencial, principalmente GLP para cocción, calefacción y otros usos.

Actualmente ANCAP tiene el monopolio para la importación y refinación de crudo y derivados (Ley N°8.764; 1931) para consumo nacional. En la actividad de distribución secundaria participan tres empresas privadas, DUCSA, subsidiaria de ANCAP, que posee la mayor proporción del mercado, DISA y Axion. Las principales infraestructuras del sector son:

- Refinería de La Teja, única en el país, con una capacidad nominal de procesamiento de crudo de 50.000 barriles día, un parque de tanques con capacidad de almacenamiento para 500.000 barriles de crudo y 2,7 millones de barriles de diferentes productos. Posee además un terminal marítimo y terrestre que se utiliza para la expedición de productos hacia las plantas del interior, así como también para la recepción de importaciones de gasoil y GLP.

- Terminal del Este, en José Ignacio, Maldonado. Consiste en una monoboya, un oleoducto submarino (3.600m) y un parque de tanques con capacidad para almacenar 3.000.000 de barriles de petróleo crudo. Desde allí se bombea el crudo hacia la Refinería de La Teja. La terminal tiene capacidad para recibir barcos de hasta 150.000 m3 de crudo y allí se recibe todo el crudo que entra al país.

- Oleoducto, une la Terminal del Este con la Refinería de La Teja. Tiene una extensión de 180 km, un diámetro de 16", una capacidad de transporte de 80.000 barriles por día y es subterráneo.

- Planta La Tablada, es una terminal de distribución de combustibles, ubicada a 8 km de la Refinería de La Teja y unida a ésta por dos poliductos. Distribuye el 85% de los productos producidos en la refinería, abasteciendo la zona sur y este del país. A su vez es la única terminal de distribución de GLP, el cual se entrega a la cadena de distribuidores.

- Planta Durazno, es una terminal de distribución de combustibles, ubicada en esta ciudad a 182 km de Montevideo. Se abastece por vía terrestre (camión) desde la Refinería de La Teja y desde allí se distribuyen combustibles para Durazno, Rivera, Tacuarembó, Flores y parte de Florida. Dispone de un parque de 13 tanques, con una capacidad total de 30.000 barriles y 6 puestos de carga para camiones.

- Planta Juan Lacaze, se encuentra en la ciudad homónima, en el Departamento de Colonia, ubicada a 145 km de la ciudad de Montevideo, en el litoral sudoeste del país, sobre las costas del Río de la Plata. Se abastece por vía fluvial, representa el 10% del mercado distribuyendo en Colonia y San José. Dispone de 21 tanques con una capacidad total de 67.000 barriles.

- Planta Treinta y Tres, se ubica en esta ciudad, en el este del país, a 286 km de Montevideo. Se abastece por vía terrestre (camiones); cubre 4% del mercado, distribuyendo combustibles en Treinta y Tres, Cerro Largo y Lavalleja. Dispone de 19 tanques y una capacidad de almacenamiento de 26.000 barriles.

- Planta Paysandú, ubicada en esta ciudad en el litoral oeste del país, sobre el Río Uruguay, a 385 km de Montevideo. Se abastece por vía fluvial, representa el 6% del mercado y distribuye combustibles a Artigas, Salto, Paysandú y Río Negro. Dispone de 25 tanques, una capacidad de almacenamiento de 163.000 barriles y un cargadero de camiones con 16 puestos.

- Plantas de Envasado de GLP y red de distribución. Uruguay posee 3 plantas de envasado de GLP, todas en Montevideo, ubicadas de forma contigua entre sí y próximas a la Terminal de Distribución de La Tablada. Cuatro son las empresas que distribuyen GLP envasado (Riogas, Acodike, DUCSA y MEGAL), contando con una red de distribución de alcance nacional. La distribución del GLP envasado se realiza por camión y también se entrega propano a granel. Si bien existe buena capacidad de envasado y distribución, la alta demanda en el invierno hace necesario importar GLP y mantener un almacenamiento flotante en los meses fríos del año.

- Red de Estaciones de Servicio. Según datos de URSEA, Uruguay cuenta con una red de 470 estaciones de servicio en todo el país, correspondientes a tres sellos: DUCSA -empresa del Grupo ANCAP- (60%), Axion Energy (21%) y Disa (19%)[14].

Gas Natural

El gas natural se utiliza en Uruguay en el sector residencial, principalmente para calefacción y cocción y, en menor proporción, en los sectores comercial e industrial. A su vez, se utiliza para el consumo propio de la refinería y ocasionalmente para generación eléctrica. El país no cuenta con yacimientos comerciales de gas natural, por lo que se importa en su totalidad desde Argentina vía gasoductos. Las infraestructuras principales consisten en 2 gasoductos de transporte para importación (existe un tercero que no está operativo), y una red de distribución en Montevideo[15], Canelones, Costa de Oro y Paysandú.

[14] Listado de puestos de venta de combustibles líquidos, listado correspondiente al 03/04/2024, disponible *aquí*.
[15] Ver red de distribución de Montevideo *aquí*.

Gasoductos de Importación

- Gasoducto Cruz del Sur (GCDS)[16]:
    - El sistema se extiende desde Punta Lara (Buenos Aires) en Argentina hasta Montevideo y sus alrededores en Uruguay, pasando por los departamentos de Colonia, San José, Canelones y Montevideo. El trazado es de aproximadamente 200 km, en tramos de 24" y 18", mientras que la red de gasoductos laterales tiene una extensión de 200 km adicionales. Tiene una capacidad de transporte de 5 millones de m3/d. El gasoducto es operado por un consorcio de cuatro empresas de hidrocarburos, entre las cuales a ANCAP le corresponde el 20% del paquete accionario.

- Gasoducto del Litoral – Cr. Federico Slinger (Paysandú):
    - Une la localidad de Colón (Entre Ríos) en Argentina con Paysandú, alimentando algunas industrias y una red de distribución. Tiene una extensión de 24 km y un diámetro máximo de 10". El gasoducto es propiedad de ANCAP y tiene una capacidad de transporte de 1 millón m3/d

Redes de Distribución

- Existe una red de distribución con caños de polietileno en Montevideo, en toda la zona sur y este principalmente. La empresa Montevideo Gas es quien tiene la concesión para la actividad de distribución en el departamento de Montevideo.
- En el interior del país, existe distribución en las localidades aledañas a Montevideo (Progreso, La Paz, Las Piedras, Canelones, Pando, Costa de Oro), en las localidades cercanas al gasoducto Cruz del Sur en Colonia y San José y también en Paysandú. La empresa Conecta S.A. es titular de la concesión de obra pública para el desarrollo de la actividad en los departamentos del interior del país.
- Desde 2019 las dos distribuidoras de gas natural están bajo dominio del Estado uruguayo a través de un fideicomiso.

Biomasa

Actualmente constituye la principal fuente energética en la matriz primaria, aunque su consumo se concentra principalmente en el sector industrial, mayoritariamente en las tres plantas de producción de pasta de celulosa[17] existentes en el país, para cogeneración de vapor y electricidad para consumo propio y para volcar a la red nacional. Adicionalmente, son importantes en el país el consumo de leña y la utilización de biomasa para producción de biocombustibles líquidos.

[16] Ver trazado de la red *aquí*.

[17] La tercera planta de producción de pasta de celulosa entró en operación a mediados de 2023, por lo que sus efectos aún no se ven en los balances energéticos.

Generación Eléctrica a partir de biomasa[18]

Uruguay cuenta con 731 MW de potencia instalada para generación eléctrica con biomasa. Las tres plantas vinculadas a la industria de papel y celulosa totalizan 655 MW de potencia instalada; mientras que los 76 MW restantes corresponden a diversos emprendimientos de pequeña o microescala asociados a establecimientos productivos, principalmente del sector de la madera y la producción agropecuaria. Es importante destacar que, de esta potencia instalada, solamente están disponibles en el Sistema Interconectado Nacional (SIN) 397 MW.

Leña

La leña es un mercado desregulado. En 2022 el consumo de leña ascendió a 463,7 ktep lo que equivale aproximadamente al 10% del consumo final energético total. De ese valor, un 61% fue utilizado a nivel residencial, esencialmente para calefacción en el interior del país, y un 31% a nivel industrial, fundamentalmente para generación de vapor en las industrias frigorífica, láctea, otras alimenticias, química, caucho y plástico y papel y celulosa (BEN, 2022).

Biocombustibles

Las cuatro plantas de producción de biocombustibles (biodiésel y bioetanol) existentes actualmente son propiedad de Alcoholes del Uruguay (ALUR), cuyo socio mayoritario es ANCAP (90%).

- Bella Unión – bioetanol – capacidad nominal: 26.000 m3/año.
- Paysandú – bioetanol – capacidad nominal: 70.000 m3/año.
- Paso de la Arena, Montevideo (COUSA) – biodiésel – capacidad nominal: 18.000 m3/año.
- Capurro, Montevideo – biodiésel – capacidad nominal: 62.000 m3/año.

La gasolina automotora comercializada actualmente contiene un 9,8% de bioetanol mezclado (en volumen), siendo el mandato legal de un mínimo de 8,5%. En el caso del biodiésel, actualmente no se está realizando mezcla, tras el cambio de reglamentación en 2022. Hasta ese entonces la mezcla de biodiésel en el gasoil era entre 5% y 7% en volumen.

[18] El listado y el detalle técnico de las plantas de generación eléctrica a partir de biomasa pueden consultarse en la *web del MIEM*.

4.1.3. Sector Eléctrico

Potencia instalada[19]

Potencia Instalada: 5.258 MW

Según datos del BEN preliminar de 2023 -el cual ya incluye la tercera planta de pasta de celulosa-, la potencia instalada de generación alcanzó los 5.258 MW. A continuación se hace una descripción detallada de la potencia por fuente y planta.

Generación Térmica

Potencia Instalada: 1.908 MW

- Centrales térmicas (728,6 MW) - biomasa
    - UPM II, Paso de los Toros (314 MW)
    - Montes del Plata, Colonia (180 MW)
    - UPM I, Río Negro (161 MW)
    - Otros (73,6 MW)
- Centrales térmicas (1.106 MW) – gasoil o gas natural
    - Punta del Tigre A, San José (300 MW) – ciclo abierto - gasoil o gas natural
    - Punta del Tigre B, San José (540 MW) – ciclo combinado gasoil o gas natural
    - Centrales Térmica de Respaldo La Tablada, Montevideo (212 MW) – gasoil
    - Otras (54 MW)
- Centrales térmicas (motores) (74 MW) - fueloil o gasoil
    - Central Batlle, Montevideo (70 MW) – gasoil / fueloil
    - Otros (3,6 MW) – gasoil

Hidroelectricidad

Potencia Instalada: 1.538 MW

Uruguay cuenta con 4 represas hidroeléctricas fluviales de embalse, una sobre el Río Uruguay y 3 sobre el Río Negro y no se plantean nuevas incorporaciones de represas de gran porte ya que existe un alto aprovechamiento del potencial hidroeléctrico:

- Salto Grande – potencia instalada: 1.890 MW (de los cuales 945 MW corresponden a Uruguay y los otros 945 MW a Argentina)
    - Ubicada sobre el Río Uruguay en el departamento de Salto, es una represa binacional con Argentina, la mayor central hidroeléctrica del país. Es gestionada por Salto Grande.

[19] MIEM, Series estadísticas de energía eléctrica, Potencia Instalada por central.

    - El embalse asciende a 5.000 Hm3, con un volumen útil de 2614 Hm3, con capacidad de operación de 5 días, con cotas entre 30,5m – 35,0 m y un caudal medio de afluencia de 5.500 m3/s.
- Rincón del Bonete – potencia instalada: 152 MW
    - Ubicada sobre el Río Negro entre los departamentos de Durazno y Tacuarembó
    - Es la primera de las tres represas en términos de la corriente del río
    - Embalse con capacidad de operación de 150 días, con cotas entre 80m y 71m[20]
- Baygorria – potencia instalada: 108 MW
    - Ubicada sobre el Río Negro entre los departamentos de Durazno y Río Negro.
    - El embalse tiene una capacidad de 2,8 días, con su embalse entre cotas de 54m y 52,5m.
- Constitución (Palmar) – potencia instalada: 333 MW
    - Ubicada sobre el Río Negro entre los departamentos de Soriano y Río Negro.
    - Capacidad de embalse de 16 días, con cotas de operación entre 40m y 36m.

Energía Eólica

Potencia instalada: 1.516,5 MW

Los parques eólicos son propiedad mayoritariamente de empresas privadas (1.072,5 MW) que vuelcan su energía al Sistema Interconectado Nacional (SIN), a través de contratos de largo plazo con la empresa eléctrica nacional (UTE). Sin embargo, UTE también posee 434 MW de potencia instalada en parques eólicos, tanto en propiedad 100% (87,4 MW) como en asociación con terceros (347 MW).

El Balance Energético Nacional detalla 44 puntos de generación eólica, además de 7,3 MW instalados por autoproductores autónomos distribuidos en el país.

Generación Solar Fotovoltaica

Potencia instalada: 297 MW

Se identifican 20 generadores diferentes (243 MW), a los que hay que sumarle alrededor de 1.500 microgeneradores y generadores autónomos (54 MW). Los grandes parques se ubican principalmente en el noroeste del país[21], mientras que los microgeneradores en todo el territorio.

[20] La capacidad del embalse fue reportada de forma directa por UTE. El indicador teórico que típicamente utilizan es la cantidad de días en que la central consumirá el agua del embalse, si operara a potencia nominal.
[21] Ídem.

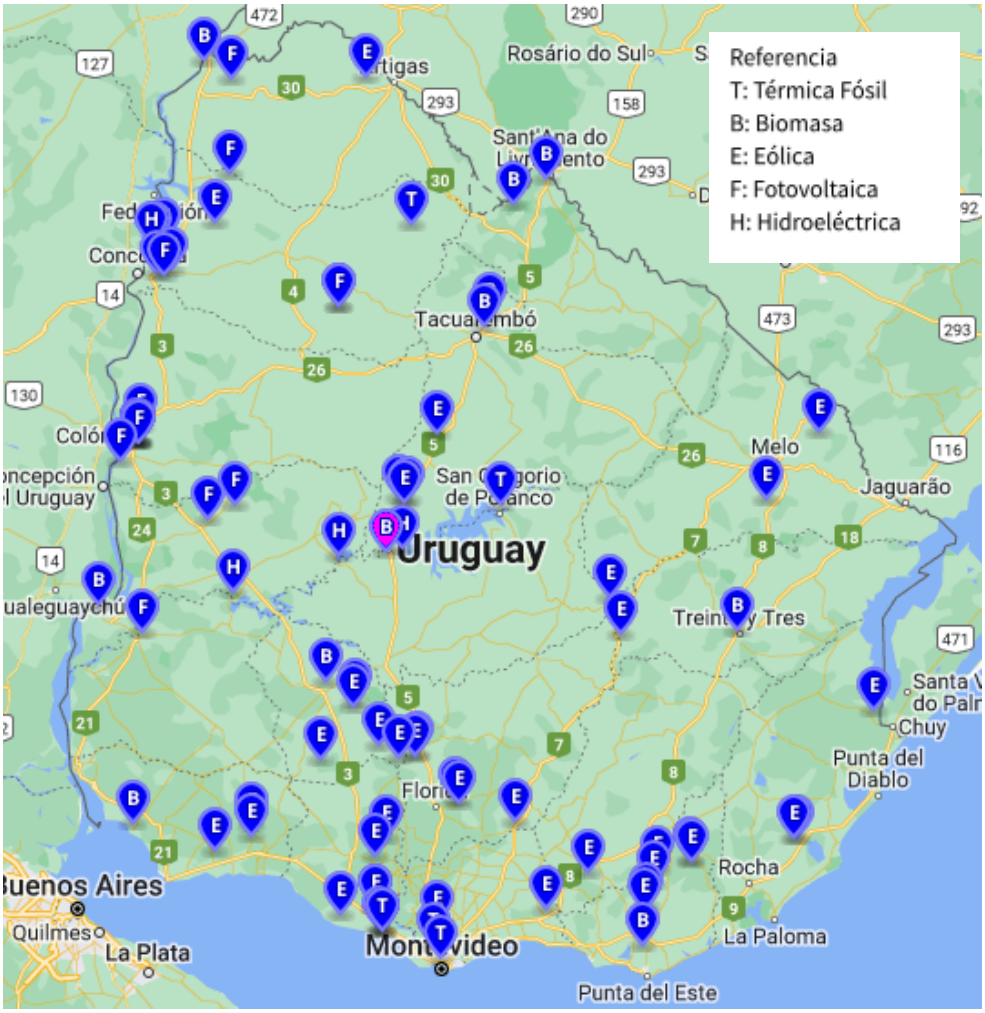


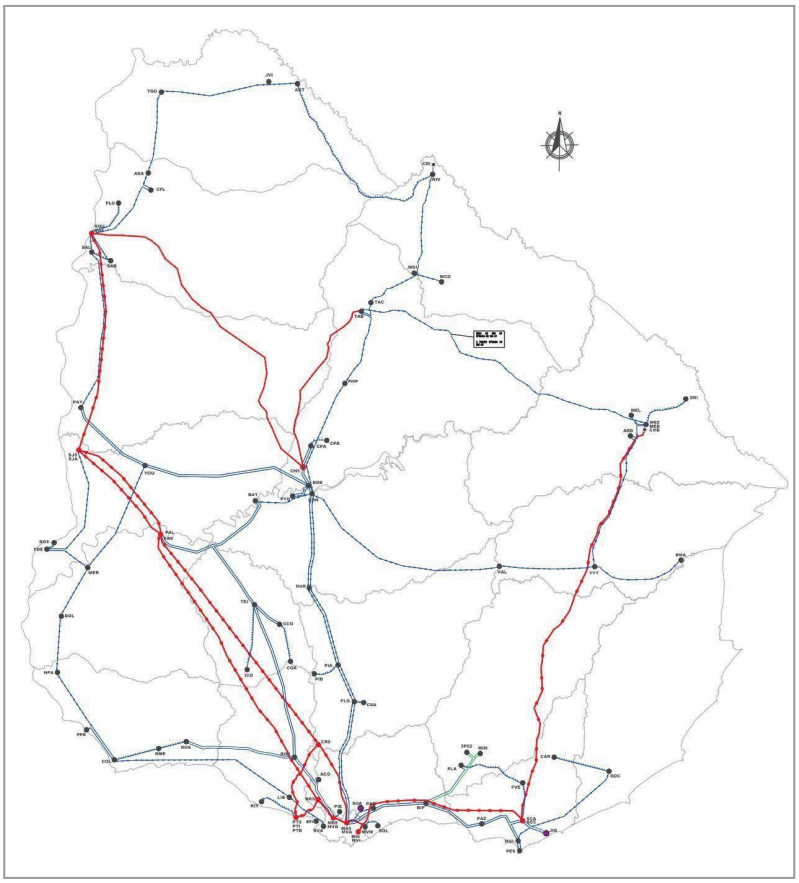
Figura 4 Generadores de energía eléctrica.[22]

Transmisión y Distribución

Uruguay posee acceso casi universal a las redes eléctricas, existiendo una red de trasmisión de 5.811 km de extensión que abarca todo el territorio, y 89.306 km de redes de distribución con acceso a todas las urbanizaciones. Ambos eslabones de la cadena se encuentran bajo régimen de monopolio estatal, siendo UTE la empresa que gestiona, opera y mantiene el servicio y la infraestructura. Actualmente se está construyendo el último tramo de alta tensión (500 kV) entre Salto y Tacuarembó, en el norte del país, para cerrar el anillo de trasmisión y mejorar la seguridad del abastecimiento energético.

[22] Se puede consultar el mapa interactivo actualizado en la *web de UTE.*

Por otra parte, Salto Grande opera y mantiene el anillo de transmisión en 500 kV y 2.000 MW y las 4 subestaciones (2 del lado uruguayo) que permiten la interconexión con Argentina en dos puntos (Salto Grande y San Javier) y que resulta fundamental para la seguridad energética y la estabilidad del sistema. El sistema uruguayo también está interconectado con el de Brasil a través de conversoras en Rivera (70 MW) y Cerro Largo (500 MW). Hoy día ambas interconexiones, además de la exportación e importación habituales en función de los costos de generación en cada país, han mostrado su utilidad en la integración energética especialmente en situaciones de crisis hídrica.



SITUACIÓN	ESTACIONES TRA	ESTACIONES CONVERSORAS	LÍNEAS DE TRASMISIÓN								
			500 kV	230 kV	150 kV LAT	150 kV CABLE	63 kV	D.T.	D.T. 1 inst.	S.T.	Torre Limite
Existentes	●	◉									
Futuras	○	◎									
Provisorio	●										

Figura 5 Mapa de líneas de transmisión gestionadas por UTE y Salto Grande mayores a 60kV – Fuente: Memoria anual UTE, 2022.

Demanda eléctrica

La demanda nacional de energía eléctrica en 2022 ascendió a 11.547 GWh, habiéndo exportado además 1.416 GWh a Brasil y Argentina, e importado desde los mismos países 84 GWh. La demanda interna de electricidad, en línea con la tendencia del consumo energético nacional y el desempeño económico, ha mostrado un crecimiento lento en los últimos años, luego de un fuerte ciclo expansivo. Entre 2006 y 2016, la demanda interna de electricidad creció a tasas anuales en promedio mayores al 3%, mientras que entre 2017 y 2022, el crecimiento total del consumo de electricidad fue de 7%, en función de información de UTE[23]. Además de la demanda interna, Uruguay se ha posicionado en los últimos años como exportador de energía eléctrica debido a la capacidad de generación en el país y las interconexiones y complementariedades existentes con Argentina y Brasil. Este punto se analiza en la sección siguiente. En la Figura 6 se puede apreciar la evolución de la demanda de electricidad por sector en el período 2000-2022, tomada del Balance Energético Nacional 2022.

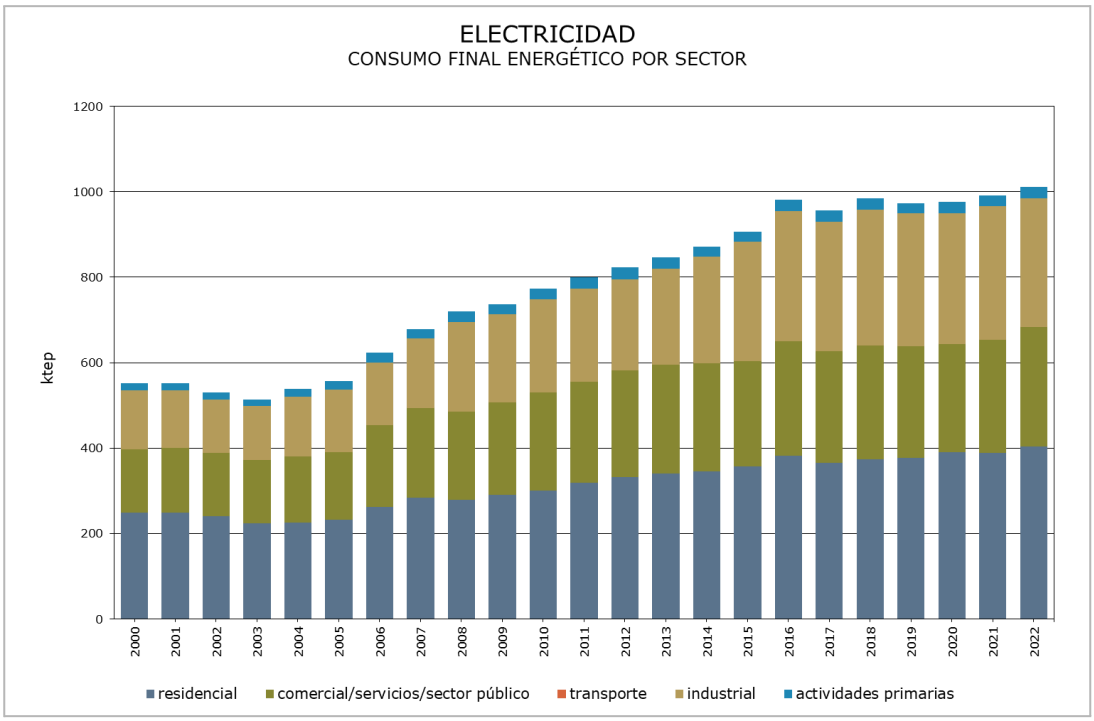


Figura 6 Consumo final de electricidad por sector (2000-2022).
Fuente: BEN (2022).

[23] Los datos anuales de generación y demanda pueden obtenerse en este link.

Como se puede apreciar en la Figura 7, la cual presenta la media semanal de la demanda de electricidad y de las temperaturas máximas y mínimas registradas para 2021 y 2022, en Uruguay los picos de consumo están muy vinculados a las bajas temperaturas que se registran durante el invierno, y a las altas temperaturas durante el verano, en ambos casos por la necesidad de acondicionamiento térmico como factor preponderante. En 2022, los picos de demanda máximo y mínimo fueron de 2.242 MW (09/12/2022) y 800 MW (13/03/2022). La demanda máxima se registró el 09/12/2022 y fue de 42.215 MWh (ADME,2022). La temperatura máxima[24] fue de 39,6°C el 14/01/2022, mientras que la mínima se registró el 08/07/2022 y fue de 0°C.

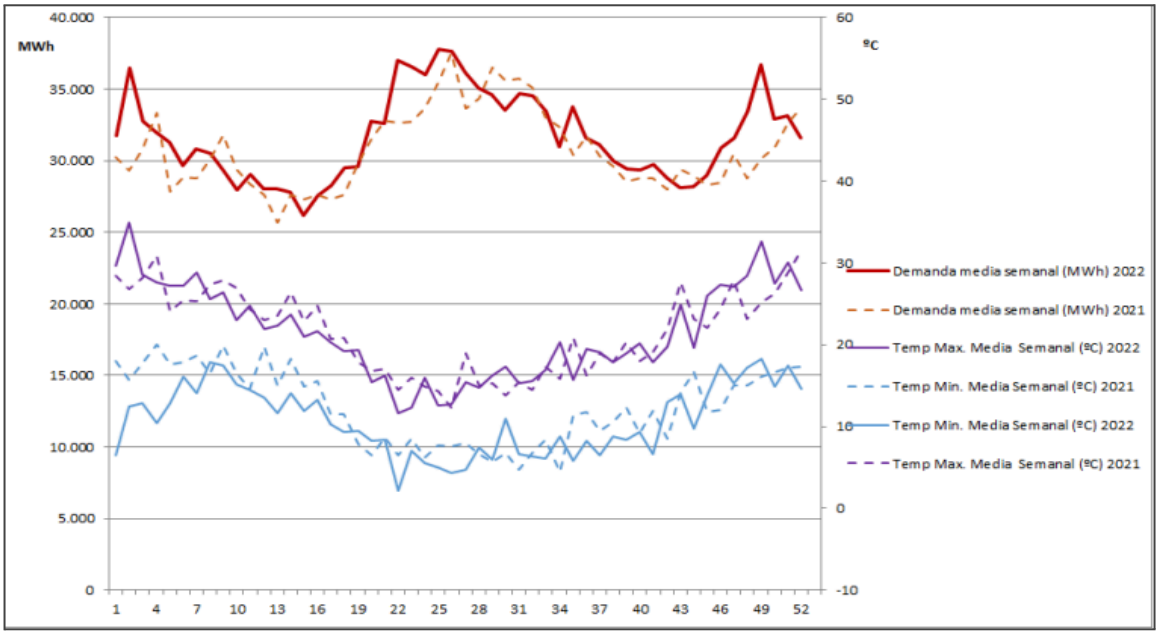


Figura 7 Demanda media semanal y temperatura (2021 y 2022).
Fuente: ADME (2022).

Demanda de combustibles

En el caso de los derivados del petróleo, cuyo uso predominante es el transporte, su consumo es más parejo durante todo el año, aunque con picos de consumo en diciembre para naftas y en marzo, mayo y noviembre para gasoil. Cabe considerar que las demandas de gasoil para generación eléctrica, cuando ésta es requerida, son determinantes en los volúmenes finales consumidos y en la gestión del abastecimiento.

[24] ADME usa como referencia la estación Melilla, en Montevideo.

En el caso del gas natural y el GLP sí existe una importante estacionalidad en el invierno debido al uso para calefacción. En el caso de la leña, la zafra también está vinculada a las bajas temperaturas de los meses de invierno.

En los gráficos se pueden apreciar las ventas de gasolina, gasoil (discriminada la demanda de UTE para generación eléctrica), GLP y Gas Natural, con apertura mensual entre 2021 y 2023[25], siempre expresado en metros cúbicos, salvo el gas natural que se expresa en miles de metros cúbicos.

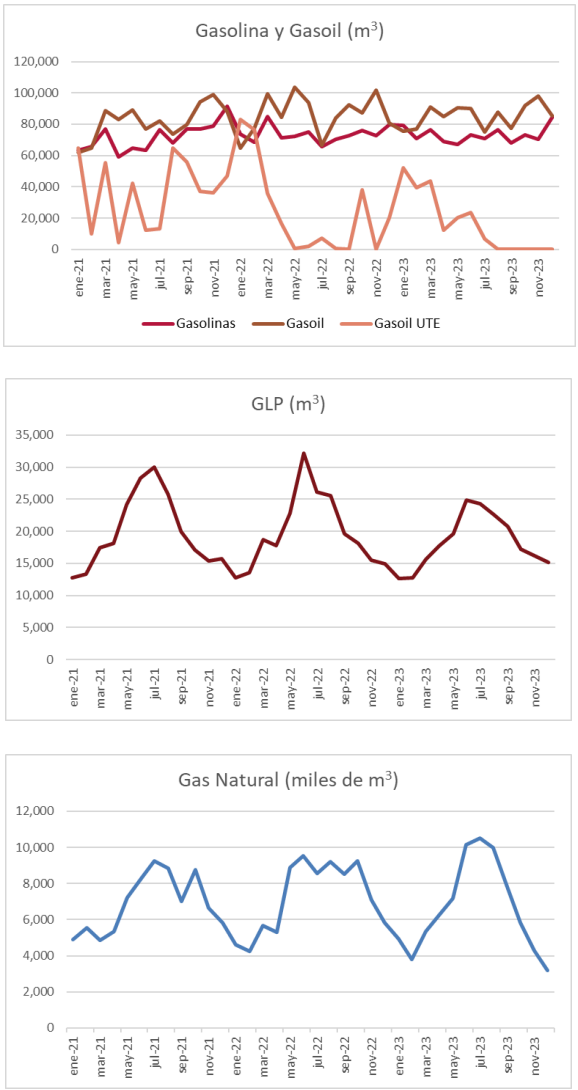


Figura 8 Ventas de combustibles (gasolinas, gasoil, GLP y gas natural). Fuente: MIEM.

[25] MIEM, Series estadísticas de *petróleo y derivados (ver aquí)* y de *gas natural (ver aquí)*.

4.1.4. Energía, comercio exterior, balanza comercial y costo de abastecimiento de la demanda (CAD)

Un último punto para destacar de la matriz energética uruguaya tiene que ver con los vínculos entre abastecimiento energético y su impacto en la balanza comercial, en las cuentas nacionales y en el costo de la energía para los usuarios.

Uruguay no es productor de hidrocarburos ni cuenta con reservas comercialmente explotables, a pesar de que se continúan realizando esfuerzos exploratorios en la plataforma continental marítima. Por lo tanto, Uruguay importa la totalidad de los hidrocarburos que consume. Se importa el petróleo para su refinación y, en función de las necesidades, derivados de petróleo ya que el mercado interno se cubre casi en su totalidad con su producción local. Por otra parte, se importa gas natural vía gasoducto desde Argentina. Los hidrocarburos representan actualmente más del 40% del abastecimiento total de energía y, desde el año 2015, un promedio del 12% del valor de las importaciones totales, oscilando entre el 9% en 2016 y el 15,4% en 2022. Dicha variabilidad viene dada por las necesidades para generación térmica y los precios del petróleo. En tiempos en que la generación térmica convencional y las importaciones eran las únicas alternativas para respaldar a la generación hidráulica, en un año de baja hidraulicidad (sequía) y altos precios del petróleo, este guarismo podía ascender a más del 20%, como pasó por ejemplo en el año 2008, en que alcanzó su máximo con 28% de las importaciones totales (BEN, 2022).

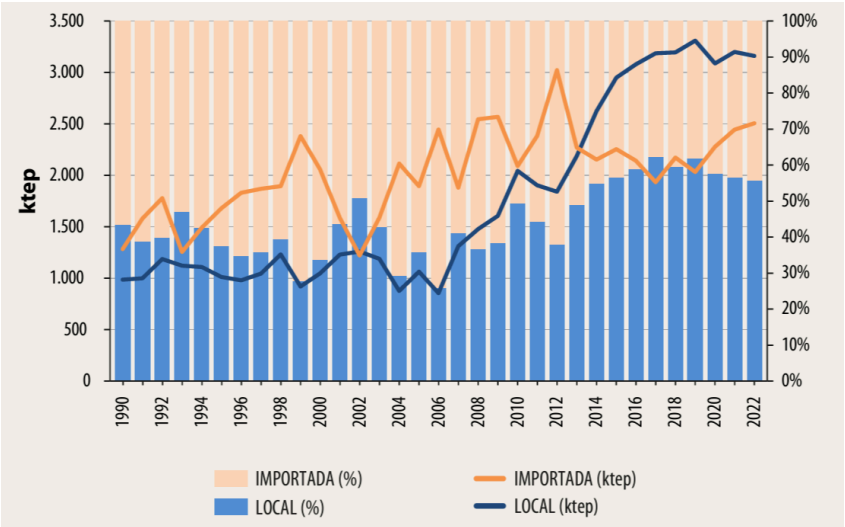


Figura 9 Abastecimiento de la energía por orígen.
Fuente: BEN (2022).

Las afectaciones climáticas sobre la generación renovable (en particular las sequías) se ven rápidamente reflejadas en las necesidades de importación de petróleo y electricidad. Consecuentemente, se reflejan en el costo de abastecimiento de la demanda y directa o indirectamente en los precios de la energía y en el nivel general de precios de la economía.

Como se puede apreciar en el cuadro de la figura 10, la variabilidad del CAD ha disminuido desde el desarrollo de las energías renovables. Mientras que en años críticos alcanzaba cifras de 110 USD/MWh (2008) y 119 USD/MWh (2012), en los últimos años, incluyendo años particularmente secos como el 2020, éste no ha superado los 56 USD/MWh para el promedio anual, aunque sí en períodos más cortos (mensuales o trimestrales) en los momentos críticos de las sequías.

Generación (GWh)	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Hidroeléctrica Salto Grande	4870	3228	3569	5165	4652	2576	5043	5376	4866	4538	4867	3964	4617	2451	2793	3567
Hidroeléctrica Rio Negro	3199	1272	1606	3501	1827	2845	3161	4273	2989	3063	2410	2326	3390	1499	2366	1955
Eólico	0	0	42	68	111	111	137	728	2057	2986	3756	4718	4736	5456	4971	4763
Solar	0	0	0	0	0	0	0	1	43	142	241	390	390	423	436	438
Biomasa	23	137	180	272	328	459	533	681	829	862	902	817	852	1027	1032	939
Térmica	1214	3381	2628	1153	2606	3735	1850	661	927	431	221	359	274	805	2451	1282
Total generación local	**9306**	**8018**	**8024**	**10160**	**9524**	**9726**	**10724**	**11720**	**11711**	**12022**	**12397**	**12574**	**14259**	**11661**	**14049**	**12944**
Importaciones	789	961	1468	387	470	742	0	0	2	25	3	14	0	514	55	84
Exportaciones	-1005	-29	-265	-711	-19	-194	-209	-1267	-1320	-779	-1462	-1077	-3010	-1148	-2844	-1366
Demanda	**9090**	**8950**	**9227**	**9836**	**9976**	**10274**	**10516**	**10454**	**10392**	**11268**	**10939**	**11511**	**11249**	**11027**	**11260**	**11662**

Precio (USD/MWh)	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Hidroeléctrica Salto Grande	5	8	7	5	5	10	5	5	5	6	5	6	6	9	9	7
Hidroeléctrica Rio Negro	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Eólico			64	80	87	94	93	100	73	68	65	68	69	71	64	73
Solar							98	95	94	101	99	94	97	102	99	108
Biomasa	54	135	84	63	141	143	118	99	93	90	89	93	93	93	90	98
Térmica	156	233	132	164	225	238	216	210	140	107	128	146	130	127	138	187
Importaciones	83	156	244	110	203	294			7	15	1	116		70	91	6[10]
Exportaciones	50	151	3	103	0	22	99	33	5	82	97	63	26	70	183	119

CAD (USD/millones)	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Hidroeléctrica Salto Grande	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	29	22	25	25
Hidroeléctrica Rio Negro	16	6	8	18	9	14	16	21	15	15	12	12	17	8	12	10
Eólico	0	0	3	5	10	10	13	73	149	203	246	321	329	386	320	347
Solar	0	0	0	0	0	0	0	0	4	14	24	37	38	43	43	47
Biomasa	1	18	15	17	46	66	63	67	77	78	81	76	80	95	93	84
Térmica	190	788	347	189	586	891	399	139	129	46	28	53	36	102	338	240
Restricciones Operativas									0	4	76	39	23	4	7	9.4
Total generación local	**232**	**838**	**397**	**255**	**676**	**1006**	**515**	**326**	**400**	**385**	**492**	**561**	**550**	**660**	**838**	**754**
Importaciones	66	150	359	43	96	218	1	0	0	0	0	2	0	33	5	0.5
Exportaciones	-50	-4	-1	-73	0	-4	-21	-42	-7	-64	-142	-68	-79	-80	-520	-163
CAD	**247**	**983**	**755**	**224**	**772**	**1220**	**495**	**284**	**393**	**321**	**350**	**495**	**472**	**613**	**322**	**601**
CAD (USD/MWh)	27	110	82	23	77	119	47	27	38	29	32	43	42	56	29	52

Figura 10 Costo de abastecimiento de la demanda 2007-2022.
Fuente: AUGPEE (2023).

Por otra parte, las inversiones en potencia instalada, principalmente renovable, y en la infraestructura de interconexión, han permitido amortiguar estos efectos y generado la posibilidad de exportación de excedentes de energía eléctrica a Brasil y Argentina. Por este motivo, en los últimos años Uruguay ha logrado posicionarse y exportar más energía eléctrica de la que importa, con su repercusión en las cuentas públicas, aunque también potencialmente en las emisiones GEI, en función de la fuente que se utilice para generar la electricidad. La integración regional brinda una mayor flexibilidad y seguridad al sector energético uruguayo y de sus países vecinos, aunque existe potencial para un mayor

desarrollo de estos flujos. En la Figura 11 se muestran los intercambios internacionales de electricidad entre Uruguay y sus países vecinos.

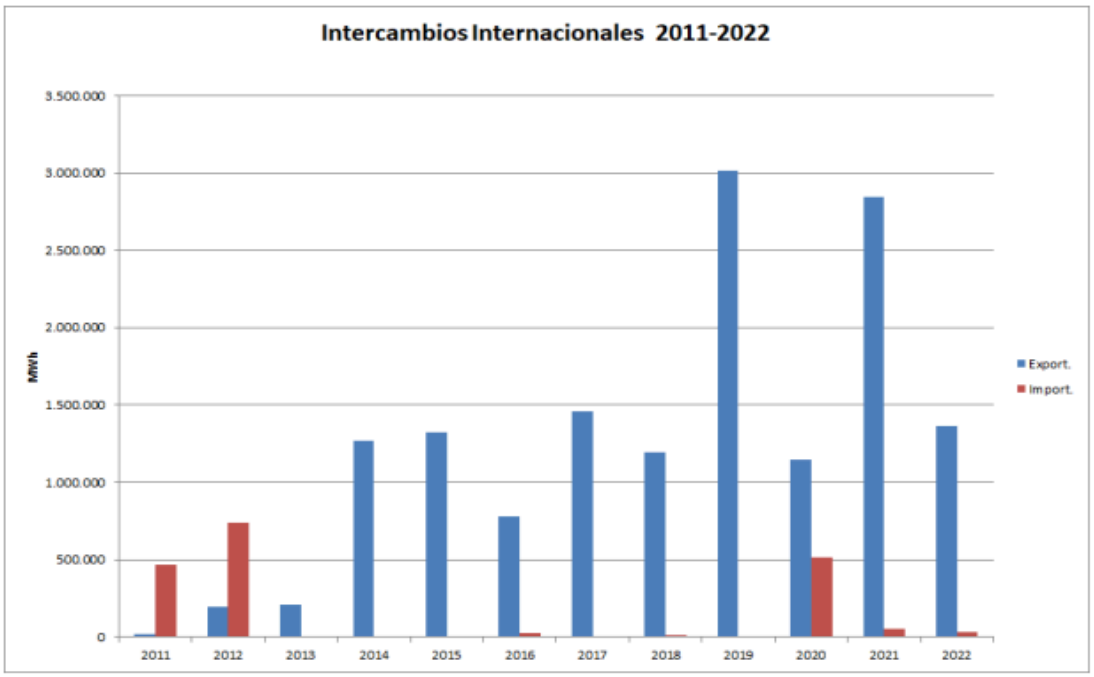


Figura 11 Intercambios de energía eléctrica entre Uruguay y sus países vecinos (2011-2022). Fuente: ADME (2022).

En función de la Política Energética 2005-2030, los compromisos establecidos al Acuerdo de París, los éxitos alcanzados en términos del desarrollo de energías renovables, las tendencias internacionales y los proyectos en curso (hidrógeno, movilidad eléctrica, etc.), Uruguay seguirá desarrollando su potencial renovable y buscando sustituir el consumo de hidrocarburos por otras alternativas que reduzcan las emisiones de GEI.

La contracara de contar con una mayor generación renovable es que se tiene una mayor dependencia de recursos naturales variables, los cuales pueden verse afectados por el cambio climático, así como también implica un mayor despliegue de infraestructura a nivel territorial. Por otra parte, la diversificación de la matriz y su integración con la región genera complementariedades entre las distintas fuentes y sistemas energéticos que han contribuido a incrementar la resiliencia del sistema eléctrico.

4.2. Una mirada hacia adelante del sector energético uruguayo

Dado el horizonte naturalmente de largo plazo del NAP-E, es necesario dar una mirada hacia adelante a las tecnologías o hechos que podrían tener un impacto significativo en el sector energético uruguayo y en su vulnerabilidad.

En este sentido, las principales iniciativas que se avizoran con un potencial transformador del sector energético son una mayor electrificación de los usos finales, el desarrollo del hidrógeno verde, el impulso a la movilidad eléctrica y el cambio modal, la promoción de la eficiencia energética, la gestión de la demanda, las redes inteligentes, el almacenamiento, y el posible crecimiento de la generación distribuida y la microgeneración.

4.2.1. Movilidad Sostenible

El transporte es uno de los sectores prioritarios para la descarbonización, dado su peso relativo en las emisiones del país y las buenas condiciones que presenta Uruguay para el despliegue de soluciones bajas en carbono, en particular la movilidad eléctrica como sustituta de hidrocarburos importados.

En este sentido, tanto el MIEM como otros organismos del gobierno nacional, departamental y la UTE, están impulsando el desarrollo de la infraestructura de carga, principalmente a través de inversiones de la empresa estatal, así como también una mayor incorporación de vehículos eléctricos mediante exenciones impositivas y otras acciones. Uruguay ha avanzado en el desarrollo de una amplia red de carga con cobertura a nivel de todo el territorio nacional[26]. En 2024 se inauguró el punto número 300 de carga, existiendo al menos uno cada 50 km en las carreteras nacionales. Por otra parte, las ventas de vehículos eléctricos en 2023 superaron las 1800 unidades, casi duplicando las del año anterior y alcanzando una cuota de parque de 9% en remises y vehículos de aplicaciones de transporte, 3,4% en taxis y 1,1% en utilitarios[27]. Si bien el crecimiento de la venta de vehículos eléctricos a batería es importante, la tendencia de crecimiento de las importaciones de vehículos a combustibles fósiles es muy marcada.

La movilidad sostenible incluye la movilidad eléctrica, pero reúne también otros componentes, en forma integral, partiendo desde la integración de la movilidad en la planificación territorial hasta la eficiencia y el cambio de energéticos. En este sentido se

[26] El estado de la red de recarga puede consultarse *aquí*.
[27] MIEM, parque vehicular. Ver *aquí*.

trabaja en forma interinstitucional y en los distintos niveles de gobierno hacia la aprobación de una Política de Movilidad Urbana Sostenible.

4.2.2. Redes inteligentes, almacenamiento y eficiencia energética

En línea con lo que sucede a nivel global, la incorporación de redes inteligentes puede desplegar grandes oportunidades para generar ganancias en materia de eficiencia del sistema eléctrico. En este sentido, la UTE ha avanzado mediante el despliegue de medidores inteligentes para permitir una mejor gestión de la demanda. A inicios de 2024 se alcanzó la cifra de 1,3 millones de medidores inteligentes instalados, lo cual representa el 80% de los hogares y se proyecta completar en 2024 el 100% de los registros con medidores inteligentes en todo el país[28].

Por otra parte, las tecnologías de almacenamiento eléctrico también van avanzando a nivel internacional, lo cual también permitirá una mejor gestión de la demanda y mayor descentralización, dos aspectos que pueden contribuir a la resiliencia.

4.2.3. Generación Distribuida y Microgeneración

En los últimos años Uruguay ha avanzado en la promoción de la microgeneración distribuida, totalizando 39,7 MW de potencia instalada al cierre de 2022, y con tendencia creciente (BEN, 2022).

4.2.4. Hidrógeno Verde

El MIEM se encuentra implementando la Hoja de Ruta del Hidrógeno Verde, avanzando en el estudio de factibilidad y desarrollo de diversos proyectos productivos en el país. El desarrollo del potencial de la economía del H_2 verde y sus derivados, podría implicar multiplicar varias veces la infraestructura de generación eléctrica, de redes de transmisión, así como para el transporte terrestre, marítimo y fluvial del H_2 y derivados. Esto generaría una densificación de infraestructuras energéticas expuestas a los riesgos del cambio climático. Por otra parte, la disponibilidad de agua y de materia prima para la obtención de CO_2 biogénico también podrían verse afectados por los efectos del cambio climático.

[28] Ver *aquí*.

4.2.5. Cambios estructurales en la demanda de energía

La mirada de largo plazo conjuga diferentes tendencias e impulsores que afectarán la demanda de energía. Uruguay presenta un bajo crecimiento demográfico y una tasa potencial de crecimiento del PIB del 2,8%[29].

Por otra parte, en línea con la tendencia internacional y los esfuerzos de descarbonización se vienen verificando dos efectos contrapuestos, una mayor electrificación de los usos energéticos que impulsará al alza la demanda de energía eléctrica, la cual se verá parcialmente compensada por las ganancias en términos de eficiencia energética.

Dadas las tendencias mencionadas y el tamaño del sector energético uruguayo, la potencial instalación de nuevas industrias intensivas en el uso de energía, como por ejemplo los centros de datos, o el desarrollo de cadenas de valor que potencialmente impulsen un rápido crecimiento de la economía pueden generar saltos discretos o cambios estructurales de demanda en períodos muy cortos de tiempo y, por ende, implicar la actualización del análisis de riesgos climáticos del sector energético. Esto depende de factores económicos ajenos al sector energético, representando una incertidumbre que debe ser monitoreada para planificar adecuadamente la adaptación.

En resumen, y en línea con lo que sucede internacionalmente, se espera que el sector energético uruguayo evolucione a ser más electrificado, descentralizado y eficiente, con un mayor despliegue de redes inteligentes, una fuerte incorporación de la movilidad eléctrica y la movilidad sostenible en general y, potencialmente, de la economía del hidrógeno verde. Estas incertidumbres, identificadas durante los talleres de elaboración del NAP-E, deberán ser monitoreadas para evaluar los impactos en materia de riesgos climáticos y la adaptación del sector energético.

[29] Estimación del Comité de Expertos establecido por el artículo 210 de la Ley N°19.889. Comunicado N°2, disponible *aquí*.

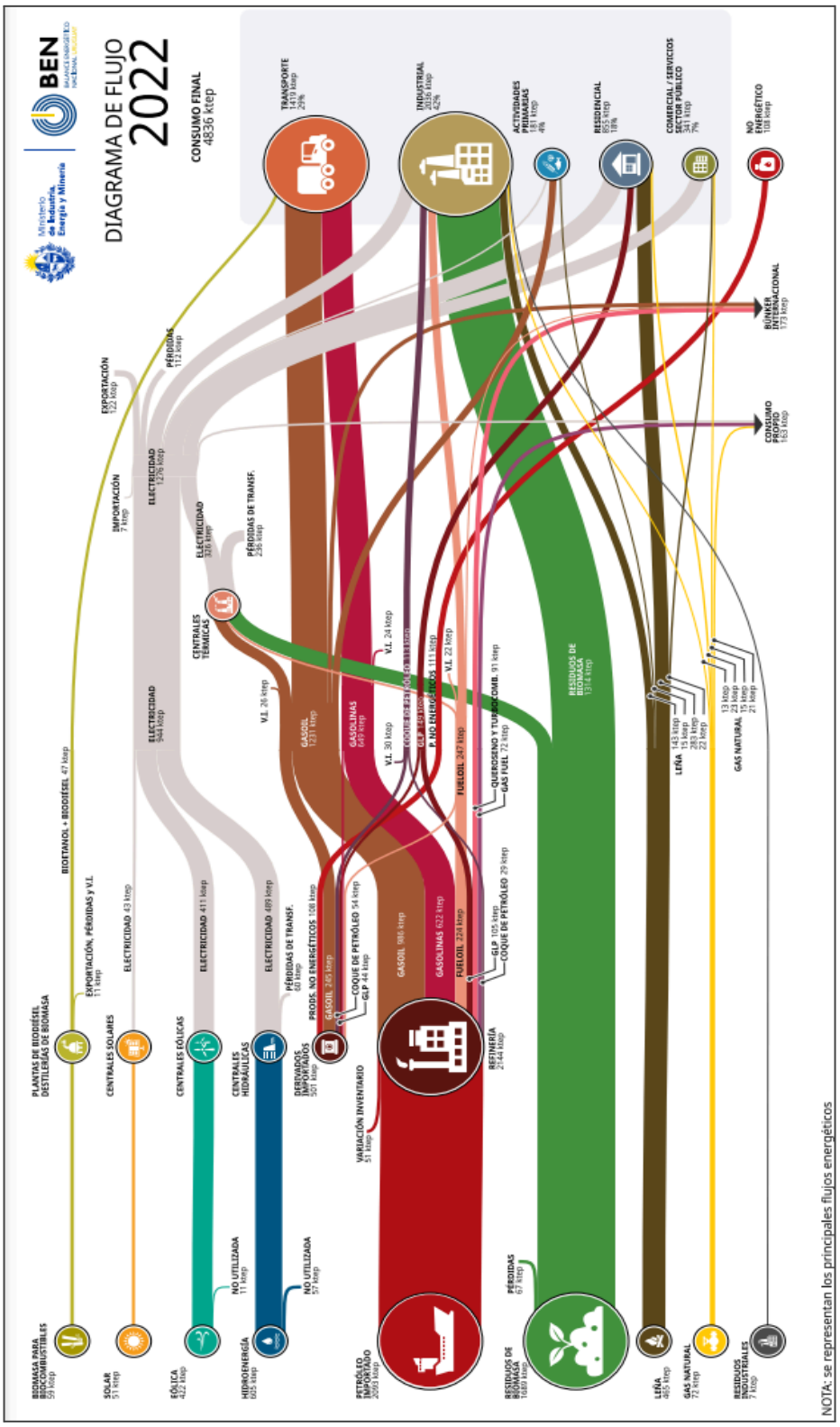


Figura 12 Diagrama Flujo (Sankey) del sector energético uruguayo.
Fuente: BEN, 2022.

Parte II

Vulnerabilidad Climática del sector energético

Capítulo 5 **Análisis de vulnerabilidad del sector energético uruguayo**

5.1. Introducción y Marco Conceptual de la Adaptación al Cambio Climático

La adaptación al cambio climático para los sistemas humanos es definida por el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés) como el proceso de ajuste al clima real o proyectado y sus efectos, a fin de moderar los daños o aprovechar las oportunidades beneficiosas. La adaptación es, junto con la mitigación, una de las dos estrategias fundamentales para abordar el cambio climático. Son dos conceptos complementarios, aunque con focos bien diferenciados.

Mientras que la mitigación tiene su foco en abordar las causas del cambio climático, es decir, reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, la adaptación combate los efectos del cambio climático. En este sentido, el aspecto central de la adaptación es la gestión de los riesgos y, por consiguiente, la reducción de las vulnerabilidades y la exposición del sistema que se desea proteger o adaptar, en este caso, el sector energético. Por otra parte, dado que los impactos del cambio climático son muy específicos de cada lugar y sistema, los riesgos a gestionar y la adaptación también serán siempre específicos al contexto.

5.1.1. Conceptos básicos sobre riesgos y adaptación al cambio climático

El riesgo del cambio climático es una función de la interacción de tres componentes: amenaza o peligro, exposición y vulnerabilidad. Los riesgos son el potencial de que se produzcan consecuencias adversas sobre un conjunto de elementos que componen un sistema sociotécnico dentro de un ambiente de incertidumbre (CDN2, 2022). La figura representa el esquema de riesgos climáticos del IPCC y, a continuación, se detallan las definiciones de cada concepto, basadas en el glosario del IPCC (2019).

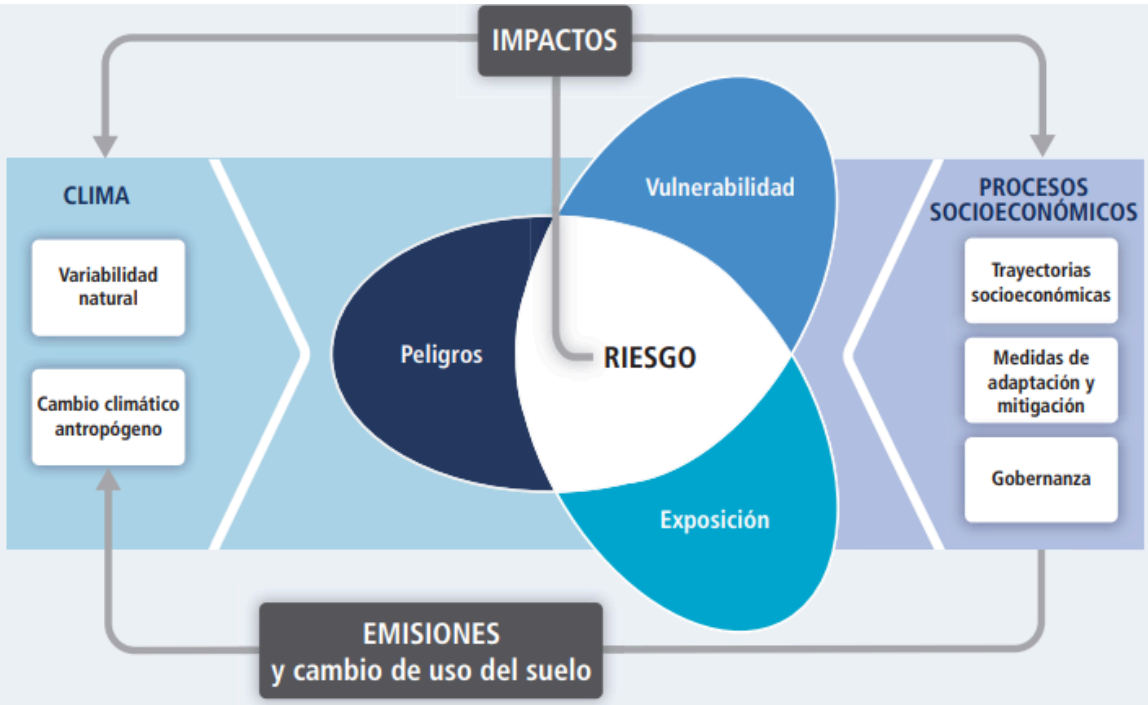


Figura 13 Esquema de riesgos climáticos.
Fuente: IPCC (2014).

Peligros o Amenazas

Ocurrencia potencial de una tendencia o suceso físico de origen natural o humano que puede causar pérdidas de vidas, lesiones u otros efectos negativos sobre la salud, así como daños y pérdidas en propiedades, infraestructuras, medios de subsistencia, provisión de servicios, ecosistemas y recursos ambientales.

Exposición

La presencia de personas, medios de subsistencia, especies o ecosistemas, funciones, servicios y recursos medioambientales, infraestructura, o activos económicos, sociales o culturales en lugares y entornos que podrían verse afectados negativamente

Vulnerabilidad

Propensión o predisposición a ser afectado negativamente. La vulnerabilidad comprende una variedad de conceptos que incluyen la sensibilidad o susceptibilidad al daño y la falta de capacidad de respuesta y adaptación.

Sensibilidad o Susceptibilidad

Grado en el cual un sistema o especie es afectado, tanto adversa como positivamente, por la variabilidad o el cambio climático. El efecto puede ser directo (ej. cambios en el rendimiento de cultivos en respuesta a cambios en la media, el rango o la variabilidad de la temperatura) o indirecto

(ej. daños causados por el incremento de la frecuencia en inundaciones costeras por el aumento del nivel del mar).

Capacidad de Adaptación
Capacidad de los sistemas, las instituciones, los seres humanos y otros organismos para adaptarse ante posibles daños, aprovechar las oportunidades o afrontar las consecuencias.

Resiliencia
Capacidad de los sistemas sociales, económicos y ambientales de afrontar un suceso, tendencia o perturbación peligrosos respondiendo o reorganizándose de modo que mantengan su función esencial, su identidad y su estructura, y conservando al mismo tiempo la capacidad de adaptación, aprendizaje y transformación

Riesgo climático
Potencial de que se produzcan consecuencias adversas para los sistemas humanos o ecológicos, reconociendo la diversidad de valores y objetivos asociados con dichos sistemas. En el contexto del cambio climático, los riesgos pueden ser potenciales impactos del cambio climático, así como también de las respuestas humanas al cambio climático. Las consecuencias adversas relevantes incluyen aquellas sobre la vida, los medios de vida, la salud y el bienestar, los activos económicos, sociales y culturales, inversiones, infraestructura y servicio (incluyendo los servicios ecosistémicos), ecosistemas y especies.

En el contexto de los impactos del cambio climático, el riesgo resulta de las interacciones dinámicas entre amenazas o peligros relacionados al clima, la exposición y la vulnerabilidad de los sistemas humanos o ecológicos. Las amenazas o peligros, la exposición y la vulnerabilidad están sujetos a incertidumbre en términos de su magnitud y probabilidad de ocurrencia, y cada uno de ellos puede cambiar en el tiempo y el espacio debido a cambios socioeconómicos y en la toma de decisiones.

En el contexto de las respuestas al cambio climático, el riesgo resulta del potencial de que dichas respuestas no logren los objetivos propuestos, o de los potenciales equilibrios con, o de los efectos colaterales negativos sobre, otros objetivos sociales, tales como los Objetivos del Desarrollo Sostenible (ODS). Los riesgos pueden emerger, por ejemplo, de la incertidumbre en la implementación, efectividad o resultados de la política climática, las inversiones relacionadas con el clima, el desarrollo o adopción de la tecnología, y las transiciones de los sistemas.

5.1.2. Elementos clave para el análisis de la vulnerabilidad climática del sector energético

El análisis de la vulnerabilidad climática del sector energético implica comprender las funciones fundamentales que este desempeña, y evaluar la criticidad de los impactos en

función de diversos elementos tales como las funciones sociales del sistema energético, sus cadenas de valor y cómo, a quién, y en qué magnitud se materializan las afectaciones.

Las funciones del sector energético

De forma general, la función fundamental que desempeña el sector energético de un país es proveer de acceso de calidad a la energía a su población y al sistema productivo. El acceso de calidad a la energía es una condición necesaria para el desarrollo socioeconómico. No resulta sencillo definir ni medir el acceso de calidad a la energía[30].

La Agencia Internacional de la Energía (AIE), define la seguridad energética como la disponibilidad ininterrumpida de fuentes de energía a un precio asequible y en cantidades suficientes para cumplir razonablemente con los usos energéticos que proporcionen un nivel de confort[31]. Si bien la definición de la AIE apunta más al nivel de los hogares -ya que tiene foco en pobreza energética- por extensión, se puede obtener una definición análoga para el sistema productivo y los servicios públicos. Por otra parte, en el marco del NAP-E, el acceso de calidad implica también que la energía sea baja en carbono, manteniendo coherencia con las políticas nacionales de energía y cambio climático.

Por oposición, todas aquellas amenazas climáticas que, de una u otra manera puedan afectar directa o indirectamente en forma negativa la seguridad energética, la asequibilidad o la sostenibilidad, serán relevantes para la aplicación de medidas de adaptación en el sector energético. Si bien existen otros atributos deseables de un sector energético, de alguna u otra forma, terminan impactando en alguna de estas tres categorías. La eficiencia, los costos de operación y mantenimiento, la robustez, la capacidad de respuesta ante una disrupción son algunos de ellos.

Cadenas de valor energéticas y vulnerabilidad puntual o sistémica: fuentes, tecnologías, infraestructuras y usos energéticos

Los impactos climáticos sobre el sector energético pueden darse a lo largo de toda la cadena de valor en cuestión, ya sea en la disponibilidad de una fuente energética, en la integridad de las infraestructuras o en la necesidad de un mayor o menor uso energético como respuesta al clima. Las afectaciones pueden transmitirse a lo largo de la cadena de valor a través de sus encadenamientos hacia adelante y hacia atrás en un sistema que necesariamente está muy integrado.

Por lo tanto, se observa la existencia de componentes del sistema energético que, al ser alcanzados por un evento, pueden desencadenar una afectación significativa a la capacidad

[30] Para profundizar sobre este aspecto se recomienda ver: Reyes Álvarez, et. al., 2023.
[31] Ver *aquí*.

del sistema de cumplir sus funciones, mientras que otros componentes del sistema pueden ser afectados sin tener un efecto amplio sobre el sistema en su conjunto.

Vulnerabilidad en los sectores de demanda

Las interrupciones en el suministro de energía pueden tener impactos en la salud y el bienestar de la población, especialmente para grupos vulnerables como los ancianos, los enfermos y los niños pequeños (OMS, 2015). En otras palabras, cuando se produce una falla en el suministro, los efectos asociados con las interrupciones en el suministro de energía van más allá de los sobrecostos de restaurar el servicio, con repercusiones en términos de salud y sociales, en la economía de los hogares así como en la producción, servicios y empleo. En el caso de las empresas, éstas pueden enfrentar pérdidas debido a la interrupción de la producción, la pérdida de inventario, especialmente en bienes perecederos, y la disminución de la productividad. Para los consumidores particulares, las interrupciones en el suministro pueden resultar en costos adicionales asociados, por ejemplo, con la pérdida de alimentos almacenados y la necesidad de recurrir a fuentes de energía alternativas, como generadores a gasoil o baterías, que pueden ser costosos o no accesibles a los hogares.

El análisis de riesgos y la priorización de las medidas de adaptación deberá tener en cuenta la mirada desde los sectores de demanda, es decir, a quién y cómo se afecta a los consumidores de energía, con una mirada de equidad y desarrollo social.

Pérdidas y Daños

El análisis de la criticidad de los impactos vendrá dado por una serie de factores, bajo la noción general de pérdidas y daños. Entre dichos factores se identifican los costos económicos de la reparación de las infraestructuras, los costos sociales de los impactos sobre las infraestructuras, los costos de inversión o de implementación de una determinada medida de adaptación y los beneficios estimados. Cabe aclarar que el proceso de análisis es complejo, dado que requiere de información y registros no necesariamente existentes o disponibles.

5.2. Análisis de vulnerabilidades del sector energético uruguayo

El análisis de la vulnerabilidad se realiza en función de las amenazas identificadas como significativas durante las distintas etapas de consulta en la elaboración del NAP-E, el conocimiento existente de la situación actual, las tendencias de evolución futura bajo diversos escenarios de cambio climático y cómo éstas tienen la potencialidad de generar afectaciones al sector energético a través de diferentes cadenas de impacto, dentro del marco explicitado en el apartado anterior.

En todos los casos se recorren los impactos a lo largo de toda la cadena de valor; es decir desde los recursos energéticos (hídrico, solar, eólico, etc.) y las infraestructuras, hasta la demanda de energía. El análisis se hace considerando tanto la vulnerabilidad sistémica, es decir, aquella vinculada a la afectación del adecuado cumplimiento de las funciones esenciales del sector energético, y la puntual, es decir, aquella vinculada al adecuado funcionamiento de las infraestructuras.

El análisis es cualitativo e incorpora la información disponible a nivel internacional y para el país, así como los resultados de los talleres de consulta realizados con los actores del sector. En particular, para el análisis de los escenarios climáticos para el país se utilizaron como base los estudios realizados en el marco del NAP-Costas y NAP-Ciudades, los más recientes y abarcativos disponibles. Se destacan: Variabilidad observada del clima en Uruguay de Barreiro, Arizmendi y Trinchín (2019), Análisis del clima y escenarios de cambio y variabilidad climática en Uruguay de Barreiro, Arizmendi, Díaz y Trinchín (2021) y Proyecciones de cambio climático del oleaje y residuo del nivel del mar en Uruguay del Instituto de Hidráulica Ambiental de la Universidad de Cantabria, así como las síntesis presentadas en los propios planes de adaptación mencionados. Los resultados de los talleres pueden consultarse en el Anexo II.

El análisis realizado junto con los demás actores identificó las siguientes amenazas como relevantes para el sector energético uruguayo: aumento de la temperatura media y extremos (olas de calor y de frío), precipitaciones medias y extremos (precipitaciones extremas e inundaciones, sequías), tormentas eléctricas, tormentas de granizo, aumento del nivel del mar, extremos de viento, intensidad media de los vientos (recursos para la generación eólica), irradiación solar (recursos para la generación solar fotovoltaica y solar térmica) e incendios forestales. Las amenazas que se estimaron prioritarias para su abordaje en el corto plazo por su recurrencia y potencial de daño fueron las sequías, por su impacto en la generación hidroeléctrica, las olas de calor, por su impacto en la demanda y la capacidad de abastecimiento del sistema eléctrico, las inundaciones, por su potencial de daño sobre la infraestructura y el servicio energético y, de forma más general, eventos

extremos como los vientos extremos, precipitaciones extremas y las tormentas eléctricas, por su potencial daño sobre infraestructuras críticas y su consecuente disrupción del servicio eléctrico. En la Tabla 4 se presentan de forma sintética las amenazas, su tendencia, las infraestructuras expuestas y los impactos potenciales. En el resto del capítulo se proporciona mayor detalle de cada una de estas amenazas y cadenas de impacto.

Por otra parte, se identificaron otro tipo de brechas para el desarrollo del marco de implementación de la adaptación cuyo abordaje contribuiría a reducir la vulnerabilidad. Éstas se vinculan principalmente a la capacidad institucional de los organismos públicos y las empresas y la disponibilidad de información y conocimiento climático sobre adaptación, tanto en los equipos técnicos como en los niveles de decisión. Sin embargo, estas brechas no son abordadas en este capítulo, sino que se incorporan en el capítulo siguiente y dan lugar a algunas líneas de acción y medidas del NAP-E.

Amenaza	Sistema afectado (exposición)	Impactos potenciales	Tendencias
Aumento de la temperatura media. Olas de calor y de frío	Generación térmica	Reducción en la eficiencia del proceso por mayor temperatura de aire y agua para refrigeración. *Estimaciones realizadas para EEUU plantean que la disponibilidad de las centrales térmicas (a carbón, a gas natural o nucleares) puede reducirse entre 0,25% y 0,72% por cada 1°C adicional de temperatura ambiente (Penmetsa y Holbert, 2020).*	Horizonte cercano (2020-2044) +0,5 y 1,6 °C Horizonte lejano (2075-2099) +1,5 y 5,5 °C Respecto a 1981-2010 Tendencia al aumento de frecuencia e intensidad de olas de calor
	Líneas de transmisión	La capacidad de transporte de las líneas se ve reducida por las altas temperaturas. *Estimaciones realizadas para EEUU para mediados de siglo señalan que la capacidad de transporte eléctrico podría verse reducida entre 1,9% y 5,8% en verano, en relación al período 1990-2010 (Bartos et al., 2016).*	

	Sectores de demanda de energía	Picos de demanda energética asociado a olas de calor (sistema eléctrico) y olas de frío (sistema eléctrico y demanda de combustibles) asociados a necesidades de acondicionamiento térmico, pueden generar estrés en el sistema, particularmente el eléctrico asociado a olas de calor que puede darse combinado con otras amenazas (ej. sequía).	
Precipitaciones escasas y sequías	Generación hidroeléctrica	Las sequías son el fenómeno de mayor impacto para el sector eléctrico, ya que 40% de la generación es hidroeléctrica y actúa como almacenamiento de energía y regulador del sistema para cubrir la variabilidad de la generación renovable eólica y solar fotovoltaica. Las sequías merman la generación hidroeléctrica, lo que resulta en mayores necesidades de importación y generación térmica, incrementando el Costo de abastecimiento y las emisiones de GEI.	Horizonte cercano (2020-20244): -5 y 10% Horizonte lejano (207-2099): -7 y 35% Diferencias estacionales Sequías podrían ser más cortas y más intensas
	Refinería de La Teja / Central Punta del Tigre	La operabilidad puede verse afectada por la disponibilidad de agua de calidad adecuada para los procesos y la refrigeración, incrementando los costos de producción o generando riesgos para el abastecimiento.	
Precipitaciones extremas e Inundaciones	Potencialmente cualquier infraestructura en zonas inundables, entre ellas, infraestructuras críticas como la Refinería de La Teja, la Central de Punta del Tigre, la terminal de distribución de combustibles de Paysandú, las subestaciones eléctricas, estaciones de servicio, puntos	Daños potencialmente mayores a las infraestructuras y disrupciones del servicio, potencialmente críticas si se trata de infraestructuras críticas como la Refinería de La Teja, Central Punta del Tigre u otras	Aumento en función del aumento en las precipitaciones medias, extremas y el nivel del mar

	de carga de vehículos eléctricos y otras a determinar		
Tormentas eléctricas	Líneas de transmisión y distribución eléctricas	Disrupciones en el abastecimiento por daños en las infraestructuras. Vientos y tormentas eléctricas son la principal causa de daños a estas infraestructuras, generando disrupciones recurrentes en el servicio eléctrico. Además, cualquier equipamiento eléctrico se puede ver dañado por descargas eléctricas.	Potencial aumento
	Aerogeneradores	Daños en las palas de los aerogeneradores, requieren mantenimiento específico.	
	Infraestructura de almacenamiento de combustibles	Potenciales incendios y daños a la infraestructura, requieren protecciones específicas.	
Tormentas de granizo	Parques solares	Rotura de módulos de paneles solares	Indefinido, potencial aumento a largo plazo
Aumento del nivel del mar	Punta del Tigre / Refinería de La Teja	Incremento del riesgo de inundaciones en la zona de la Central de Punta del Tigre -principal respaldo térmico del sistema- o en la Refinería de La Teja (Bahía de Montevideo) -única en el país y principal almacenamiento de combustibles- pudiendo generar incidentes, daños, problemas para su operación, costos de mantenimiento o la necesidad de dejar la central fuera de línea	+41,8 [25,6-60,3] cm RCP 4.5 + 57,9 [35,2-85,4] cm RCP8.5 para finales del siglo XXI
Extremos de viento	Líneas de transmisión y distribución eléctricas	Disrupciones en el abastecimiento por daños en las infraestructuras. Vientos y tormentas eléctricas son la principal causa de daños a estas infraestructuras, generando disrupciones recurrentes en el servicio eléctrico.	Potencial aumento
	Paneles solares, aerogeneradores, torres, tanques de almacenamiento.	Potenciales daños a las infraestructuras o dificultad para las tareas de mantenimiento	

	Operación portuaria para el abastecimiento de combustibles (Terminal del Este)	La operabilidad puede verse afectada ya que tanto el viento como el oleaje hacen inviable la descarga de buques en Terminal del Este (único punto de recepción de petróleo) así como la operación de otros puertos como el de la terminal de distribución de combustibles de Paysandú.	
Intensidad de vientos	Generación eólica	Tanto una merma o un aumento en los factores de carga impacta en la productividad de los parques, con sus consecuencias en la economía de los proyectos y la competitividad.	Indefinido, potencial aumento a largo plazo
Irradiación Solar	Generación fotovoltaica	Tanto una merma o un aumento en los factores de carga impacta en la productividad de los parques, con sus consecuencias en la economía de los proyectos y la competitividad.	Indefinido
Incendios forestales	Líneas e infraestructura de transmisión y distribución eléctrica	Cortes en el suministro por impactos en las líneas o en la infraestructura de transmisión y distribución	Potencial aumento (temperatura, olas de calor, sequías, son factores que favorecen la ocurrencia de incendios forestales)

Tabla 4 Amenazas e impactos en el sector energético.
Elaboración propia.

5.2.1. Aumento de la temperatura media y sus extremos, olas de calor y de frío

Conocimiento actual

Los estudios sugieren que existe evidencia robusta de un aumento observado de temperatura desde mediados del siglo pasado, con ciertos patrones geográficos y estacionales. A su vez, los escenarios de cambio climático muestran también una tendencia robusta al aumento de la temperatura, la cual dependerá del forzante radiativo que finalmente se manifieste.

En Uruguay, se estima que la temperatura mínima y máxima media anual muestran claras tendencias positivas desde 1961 tanto al norte como al sur del país. En el caso de la temperatura mínima la tendencia es mayor en el norte mostrando un aumento de 1,7°C en 56 años, mientras que el sur muestra una tendencia de 0,5°C en el mismo período. La temperatura máxima tiene mayor tendencia positiva también en el norte del país, con un

aumento cercano a 0,7°C en todo el período; en el sur es del orden de 0,5°C (Barreiro, Arizmendi y Trinchín, 2019).

En cuanto a las temperaturas medias se observa que aumentó cerca de 0,8°C comparando las décadas 1961-1980 y 1995-2015. A nivel estacional se observa un aumento de la temperatura media en todas las temporadas. La región este del país muestra un calentamiento de entre 1,2 y 1,6°C, mientras que el litoral oeste y sur tienen un calentamiento más moderado. El área metropolitana muestra un calentamiento cercano a 0,7°C (Barreiro, Arizmendi y Trinchín, 2019). Los gráficos presentan la evolución de la temperatura media anual, y su promedio, entre 1961 y 1975, y el promedio de temperaturas medias por estación (DEF: diciembre, enero y febrero, MAM: marzo, abril y mayo, JJA: junio, julio y agosto, SON: setiembre, octubre y noviembre) y con apertura geográfica.

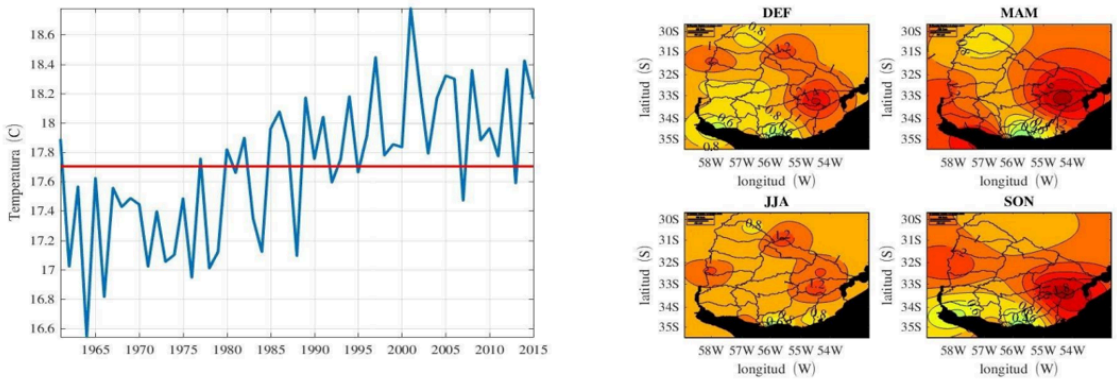


Figura 14 Evolución y tendencia de temperatura media en Uruguay y por estaciones.
Fuente: Barreiro, Arizmendi y Trinchín, 2019.

A futuro, las proyecciones para Uruguay muestran un aumento en la temperatura media anual cuasi lineal en el tiempo. Asimismo, a mayor forzante radiativo antropogénico mayor es el aumento de temperatura a fin de siglo. Para el horizonte cercano (2020-2044), los modelos proyectan entre 0,5 y 1,6 °C de calentamiento con respecto a 1981-2010 y no hay grandes diferencias entre escenarios. Para el horizonte lejano (2075-2099) los modelos proyectan entre 1,5 y 5,5 °C de calentamiento respecto a 1981-2010 y depende fuertemente del escenario socioeconómico y las trayectorias de emisiones que se consideren[32]: SSP245 muestra un aumento entre 1.5 y 3.0 °C, SSP370 entre 2.2 y 4.6 °C y SSP585 entre 2.6 y 5.5 °C. En cuanto a extremos, de acuerdo con los modelos CMIP5 las olas de calor en nuestra región aumentarán en número y duración para fin de siglo XXI. El cambio proyectado es

[32] Los Shared Socio-Economic Pathways (SSP) presentan trayectorias socioeconómicas compartidas globales proyectadas para el año 2100 y se utilizan para establecer escenarios de concentración de gases de efecto invernadero. Véase por ejemplo: The Shared Socio-Economic Pathways (SSPs): An Overview, publicado por la CMNUCC. Disponible *aquí*. .

mayor al norte del país siendo cercano a un 150% (Carril et. al., 2016). Para terminar, es importante resaltar que un aumento en la temperatura vendrá acompañado con un aumento en el contenido de vapor de agua en la atmósfera por lo que es esperable que se intensifiquen las tormentas y precipitaciones en ausencia de otros cambios. (Barreiro et. al., 2021).

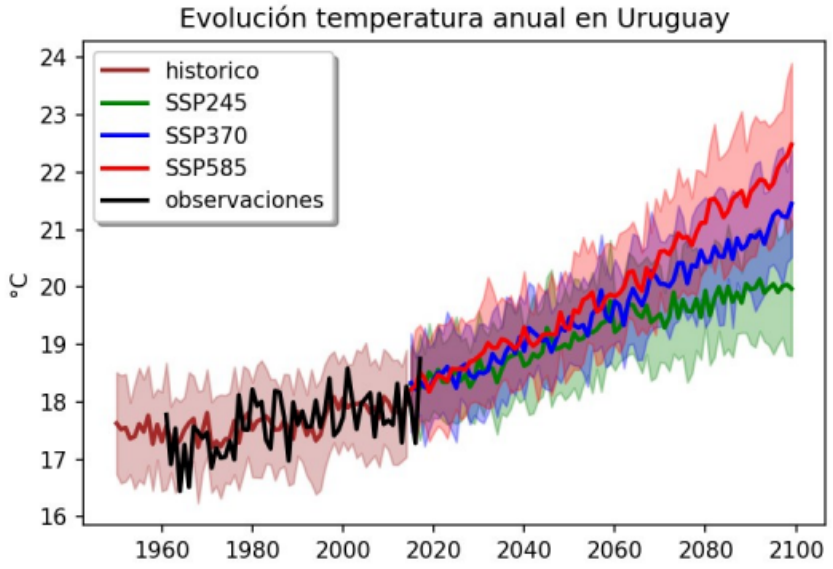


Figura 15 Evolución de la temperatura media en distintos escenarios socioeconómicos.
Fuente: Barreiro, Arizmendi, Díaz y Trinchín, 2021.

Por otra parte, aparejado a la modificación de las temperaturas medias y la distribución de temperaturas, se modifican también la probabilidad de ocurrencia de días/noches frías, días/noches cálidas, olas de frío y olas de calor; fenómenos de particular relevancia para el sector energético. En este sentido, si bien existe cierta evidencia hacia una mayor ocurrencia de olas de calor, principalmente en el norte del país, se requieren estudios de profundización.

Vulnerabilidades

Tanto el abastecimiento de energía como su consumo están fuertemente relacionados con la temperatura. En primer lugar, la generación térmica depende críticamente de la disponibilidad de agua para los procesos de generación -cuando se utiliza vapor (ciclo Rankine)- y enfriamiento. En el caso de las turbinas de gas (ciclo Brayton), la temperatura del aire (que afecta su densidad) afecta la eficiencia del proceso, ya que a una mayor temperatura, menor densidad y mayores necesidades de compresión. El impacto finalmente dependerá de la tecnología utilizada y de si son ciclos abiertos o ciclos combinados, pero la temperatura del aire, y de los cuerpos de agua, así como su

disponibilidad, es crítica para los procesos de generación térmica. Estimaciones realizadas para EEUU, plantean que la disponibilidad de las centrales térmicas (a carbón, a gas natural o nucleares) puede reducirse entre 0,25% y 0,72% por cada 1°C adicional de temperatura ambiente (Penmetsa y Holbert, 2020). A su vez, a nivel global existen estimaciones en la misma dirección, Coffel y Mankin (2021) plantean que el cambio climático hasta la fecha ha reducido el despacho de las centrales térmicas en 0,75-1 puntos porcentuales y que, con cada aumento adicional de 1 °C, dicha reducción sería de 0,8-1,2 puntos porcentuales en los picos de demanda, conduciendo a mayores costos operativos y requiriendo capacidad adicional para compensar dichas pérdidas.

Por otra parte, la capacidad de carga de las líneas de transmisión también se ve reducida por el aumento de la temperatura, estimaciones realizadas también para EEUU muestran que para mediados de siglo la capacidad de transporte eléctrico podría verse reducida entre 1,9% y 5,8% en verano, en relación al período 1990-2010 (Bartos et al., 2016). Si bien estas estimaciones dependen mucho de las condiciones locales y no son específicas de la realidad uruguaya, dan cuenta de las potenciales afectaciones y de la necesidad de incorporar este aspecto en la planificación del sistema eléctrico.

Desde el punto de vista de la demanda, tanto las altas, como las bajas temperaturas impactan fuertemente el consumo de combustibles y energía eléctrica, en particular por las necesidades de acondicionamiento térmico. Esto además puede generar situaciones de estrés en el sistema eléctrico, en particular asociado a olas de calor, ya que es un fenómeno que puede combinarse con períodos de sequía y días de escasos vientos.

5.2.2. Precipitaciones y sequías

Conocimiento actual

La disponibilidad de agua para la generación eléctrica en Uruguay, por las características de las presas y los cursos de agua en los cuales se realiza el aprovechamiento hidroeléctrico, depende fundamentalmente del régimen de precipitaciones - y del escurrimiento-. El país cuenta con una alta variabilidad interanual de precipitaciones en la que se intercalan períodos de sequía (de hasta 2-3 años) con años húmedos y neutros.

La información histórica muestra que tanto al norte como al sur del país hay una tendencia positiva hacia el aumento en las precipitaciones desde 1961 hasta 2017. En el norte los acumulados anuales pasaron de 1.325 mm a 1.450 mm en ese período, lo que implica un aumento cercano al 10%. En la región sur la tendencia fue mayor, en el entorno del 15-20 %, pasando de 1.100 mm a 1.300 mm. A nivel trimestral el aumento en las lluvias en Uruguay

se observa durante verano, otoño y primavera con valores máximos de 40-50 mm en un trimestre. En verano el aumento es mayor en la región norte, mientras que en otoño la tendencia positiva es mayor en el litoral este del país. En primavera el aumento es menor. Por el contrario, en invierno la región norte del país muestra una clara tendencia a la disminución de lluvias, mientras que el resto del país no ha sufrido cambios (Barreiro, Arizmendi y Trinchín, 2019).

Sin embargo, respecto a las precipitaciones, si bien los promedios muestran una tendencia, también es necesario conocer mejor el fenómeno que las ocasiona, ya que no es trivial ni el lugar en que llueve ni su intensidad. El mismo estudio plantea que a nivel anual existe una tendencia positiva en la ocurrencia de extremos de lluvia diarios en todo el país cercana al 5-10% (Barreiro, Arizmendi y Trinchín, 2019).

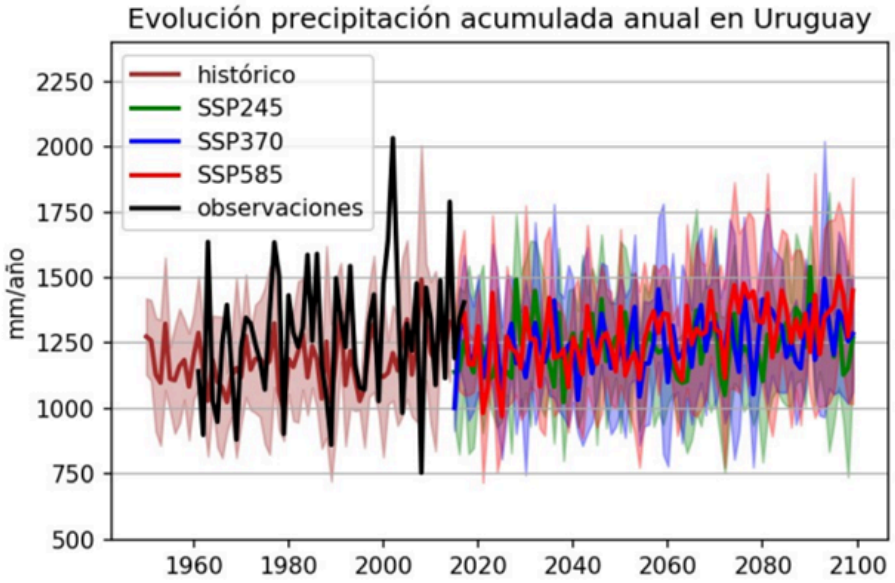


Figura 16 Evolución de las precipitaciones en distintos escenarios socioeconómicos. Fuente: Barreiro, Arizmendi y Trinchín, 2019b.

Las proyecciones a futuro de las precipitaciones medias anuales en todo el país muestran gran variabilidad interanual superpuesta a una tendencia gradual positiva. El acumulado anual de lluvias sobre Uruguay muestra un cambio entre -5 y 10% para el horizonte cercano y entre -7 y 35% para el horizonte lejano dependiendo del escenario y del modelo (Barreiro et al., 2021). Por otra parte, otros estudios realizados para el país muestran potenciales

evoluciones en ambas direcciones, tanto con ganancias[33] como con pérdidas para la generación hidroeléctrica media (por ej. Banco Mundial, 2023). Más allá de los promedios anuales, existen tendencias estacionales diferenciadas, como se puede apreciar en la figura 17, tomados de Barreiro et al. (2021). Los modelos muestran una tendencia al aumento de las precipitaciones en los meses de otoño (marzo, abril y mayo) y verano (diciembre, enero y febrero), una tendencia indefinida para los meses de invierno (junio, julio y agosto), típicamente más secos y una tendencia a la reducción de precipitaciones en primavera (setiembre, octubre y noviembre).

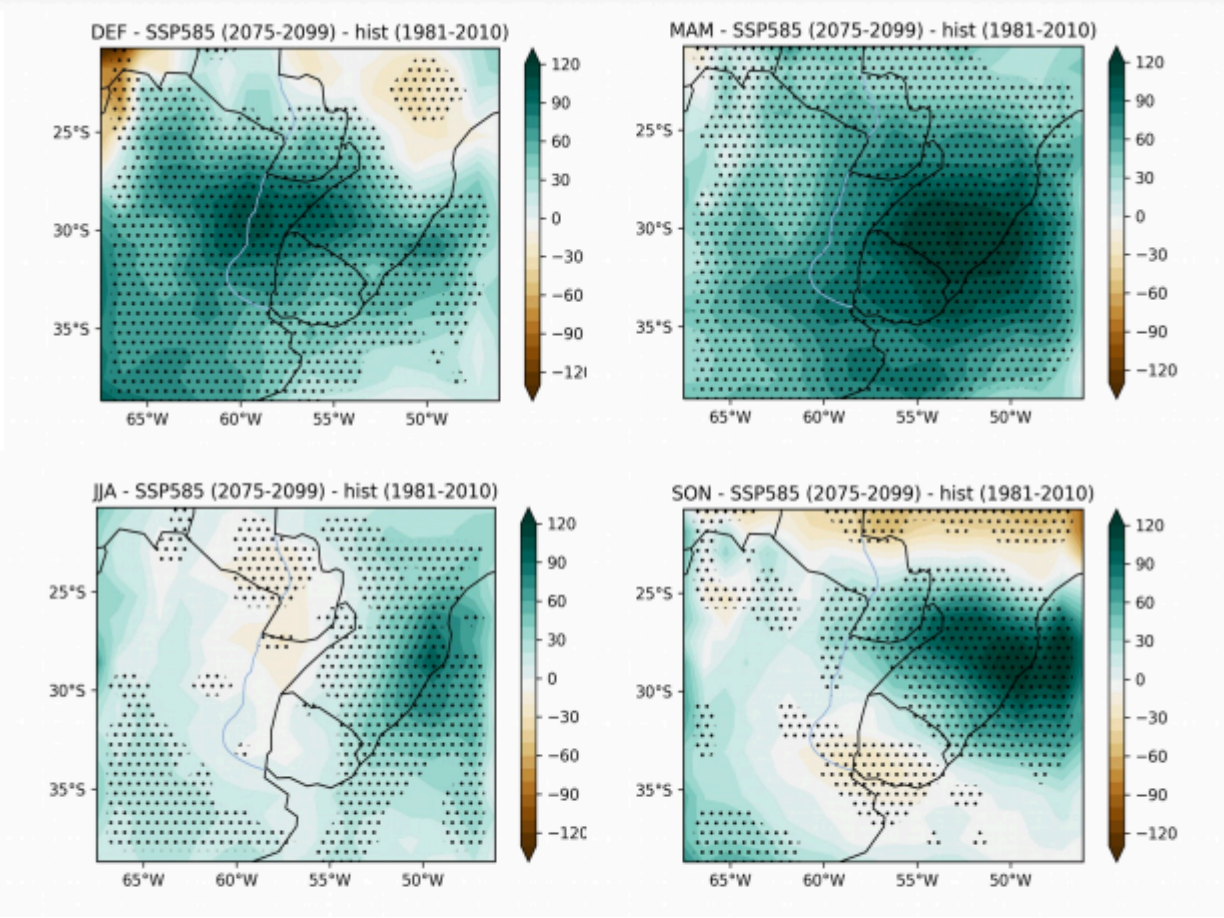


Figura 17 Evolución de las precipitaciones en distintos escenarios socioeconómicos.
Fuente: Barreiro, Arizmendi y Trinchín, 2019.

[33] Estudios no publicados para Salto Grande o el realizado en el marco del proyecto ScreenALC (OLADE).

Vulnerabilidad

Una reducción de las precipitaciones, cambios a nivel estacional, cambios en los fenómenos extremos, o en la dinámica de las sequías, tendrían un impacto negativo en la capacidad de generación hidroeléctrica, la cual representa casi el 40% de la generación eléctrica, y actúa como almacenamiento de energía y regulador del sistema para cubrir la variabilidad de la generación renovable eólica y solar fotovoltaica. Los cambios en el escurrimiento que pueden producirse como consecuencia de los cambios en el uso del suelo también son claves en el agua que llega a los embalses.

Desde el punto de vista de la generación eléctrica, las sequías configuran hoy la mayor vulnerabilidad del sistema. A modo de ejemplo, entre 2020 y 2022[34], años relativamente secos, el CAD total fue de USD 613 millones y USD 601 millones respectivamente, aproximadamente un 38% por encima del promedio 2017-2019, años con altos niveles relativos de precipitaciones en las cuencas de los ríos con generación hidroeléctrica. Por otra parte, el CAD unitario alcanzó valores por encima de 100 USD/MWh en el primer cuatrimestre de 2023 (extremadamente seco), muy por encima del promedio de los últimos años[35]. En cuanto a las emisiones de GEI, el factor de emisión del SIN se triplicó para el mismo período de comparación, pasando de un promedio de 16,9 tCO_2/GWh entre 2017-2019 a un promedio de 52,4 tCO_2/GWh considerando los años 2020 y 2022 (BEN 2022). Como se puede apreciar, estos fenómenos provocaron no solamente importantes erogaciones para el país, sino que también afectaron la capacidad de cumplimiento de los compromisos nacionales de mitigación del cambio climático.

Además, la sequía ha dejado al descubierto otras vulnerabilidades tales como los problemas en la operabilidad de la Refinería de La Teja debido al aumento de la salinidad del agua corriente utilizada para alimentar las calderas. La afectación en su capacidad de operación de cualquiera de estas dos plantas podría comprometer el abastecimiento energético.

5.2.3. Precipitaciones extremas, inundaciones y tormentas

Conocimiento actual

Los estudios realizados para el país plantean que el aumento en el acumulado -de precipitaciones- viene acompañado de un aumento en la frecuencia de ocurrencia de eventos extremos de lluvia y una disminución en el número de días con lluvias débiles para

[34] No se considera el valor correspondiente a 2021, también un año relativamente seco, debido a que está fuertemente distorsionado por el gran volumen de exportaciones de energía a Brasil.
[35] (AUGPEE, 2023; UCU, 2024).

fin de siglo XXI (Barreiro et al., 2021). La intensificación del ciclo hidrológico podría aumentar la frecuencia y magnitud de las inundaciones. A su vez, plantean el aumento de episodios de vientos extremos y tormentas convectivas, fundamentalmente en el norte del país. Uruguay presenta además un alto nivel ceráunico[36], aunque existen deficiencias en cuanto al registro de tormentas eléctricas y en las que precipita granizo. Se espera que el cambio climático favorezca las condiciones para la generación de tormentas y que los eventos extremos de este tipo se hagan más frecuentes y más intensos.

Vulnerabilidad

Inundaciones

Las inundaciones, pueden ocurrir por el desborde de riberas, asociados a precipitaciones abundantes generalmente durante varios días, en la cuenca de los ríos, por el desborde de cañadas, que por su menor volumen de agua puede asociarse a fenómenos más puntuales; costeras, ya sea por marea meteorológica, astronómica u oleaje; y de drenaje pluvial urbano, asociado a fenómenos de precipitaciones intensas en zonas urbanas, en las que se sobrepasa la capacidad de drenaje[37].

Las inundaciones son potencialmente muy dañinas para cualquier infraestructura energética que se vea expuesta. En particular, algunas infraestructuras críticas como la Refinería de La Teja, la Central de Punta del Tigre, la terminal de distribución de combustibles de Paysandú, las subestaciones eléctricas, estaciones de servicio y otras que podrían quedar en zonas inundables debido al cambio climático.

La Central Punta del Tigre, por ubicarse en una zona baja y costera, podría ser también inundable en el futuro, con el agravante de que el aumento del nivel del mar puede dificultar la capacidad de drenaje. En la Refinería de La Teja, una inundación por drenaje pluvial podría generar daños mayores, como sucedió por ejemplo en la Refinería de La Plata, Argentina, en 2013, en la que, por una inundación de este tipo, se generó un incendio de grandes proporciones, dejando inutilizable una unidad de coque. La vulnerabilidad vendrá dada por la capacidad de drenaje y manejo de las aguas pluviales.

La terminal de combustibles de Paysandú, crítica para el abastecimiento de combustibles en el norte del país, podría quedar en zona inundable en el futuro, según lo muestra la información de DINAGUA[38], representando un riesgo relevante para la operación de la planta. Otras instalaciones como las estaciones de servicio o las subestaciones eléctricas

[36] El nivel ceráunico indica la cantidad de días por año en que se registran tormentas eléctricas en un área o locación específica.
[37] Ver Atlas Nacional de Inundaciones y Drenaje Pluvial Urbano *aquí*.
[38] Las estimaciones de curvas de inundación por períodos de retorno pueden consultarse en el *portal de DINAGUA*.

aún no están mapeadas respecto a su potencial riesgo futuro de quedar en zonas inundables.

Tormentas

Las tormentas son uno de los fenómenos climáticos de mayor impacto en la infraestructura energética del país, debido a que estos fenómenos asocian precipitaciones extremas -y potenciales inundaciones-, precipitaciones de granizo, vientos extremos -como se menciona en el apartado correspondiente- y descargas atmosféricas, que afectan de diferentes maneras al sistema, generando cortes en el suministro eléctrico y potenciales riesgos para el sector hidrocarburos.

Tanto los vientos extremos, como las descargas atmosféricas, son identificados a nivel internacional como las principales causas de cortes por impactos sobre las líneas de transmisión y distribución eléctrica (Yang et al., 2017; Durañona et. al., 2019; Kondrateva et al., 2020). Por otra parte, las tormentas eléctricas pueden generar sobrecargas en cualquier infraestructura eléctrica. A nivel nacional, aunque no se dispone de una recopilación pública de esta información, estos fenómenos también han sido identificados como la principal preocupación para ese segmento de transmisión y distribución.

Por otra parte, las tormentas eléctricas generan afectaciones sobre los aerogeneradores, a los que se le debe realizar mantenimientos específicos en sus palas por este motivo. A su vez, toda la infraestructura de hidrocarburos y de combustibles en general, en particular los tanques de almacenamiento, requieren de protecciones específicas para evitar incendios y explosiones.

La vulnerabilidad ante tormentas eléctricas será función de la instalación de protecciones contra descargas atmosféricas, así como también por el diseño según normas internacionales, el adecuado mantenimiento de las infraestructuras y la capacidad de respuesta ante eventuales incidentes en función del diseño de las redes eléctricas y la respuesta a emergencias; aspectos que el NAP-E contribuirá a evaluar.

Las tormentas en que precipita granizo afectan principalmente los parques de generación solar fotovoltaica por la rotura de módulos.

5.2.4. Aumento del Nivel del Mar

Conocimiento actual

El aumento del nivel del mar, en particular por la suma de las contribuciones de los mantos de hielo y los glaciares puede generar impactos significativos en la infraestructura costera. En el caso de Uruguay el incremento del nivel medio del mar en aguas abiertas próximo a la desembocadura del Río de La Plata, la estimación media con su incertidumbre, definida por el percentil del 5% y del 95%, es de 41,8 [25,6-60,3] cm y 57,9 [35,2-85,4] cm para el escenario RCP4.5 y RCP8.5[39], respectivamente, para finales de este siglo (IH Cantabria, 2019).

Vulnerabilidades

En lo que refiere al sector energético uruguayo, algunas infraestructuras críticas como la Central Térmica de Punta del Tigre, la Refinería de La Teja y la Terminal del Este, se encuentran ubicadas en zonas bajas sobre la costa, incrementando su riesgo de inundaciones.

La vulnerabilidad de estos activos viene dada, fundamentalmente, por la capacidad que puedan tener del manejo de aguas pluviales y barreras para las aguas costeras, aspectos que se deben estudiar con mayor profundidad.

5.2.5. Extremos de Viento

Conocimiento actual

Los vientos severos en el país están asociados a los ciclones extratropicales y a los fenómenos de mesoescala, tales como complejos convectivos y líneas de turbonada.

Los vientos fuertes suelen asociarse a tormentas severas y esto se debe principalmente a la generación de corrientes convectivas descendentes, las cuales tienen escalas de decenas de metros a varios kilómetros, duran solo unos minutos pero pueden alcanzar ráfagas de más de 200 km/h. Los ciclones son el principal agente causante de daños importantes en la infraestructura costera ya que sus fuertes vientos no sólo impactan directamente sobre construcciones terrestres, sino que también generan oleaje y suba del nivel del mar. En consonancia con lo anterior, Durañona et al (2016) concluyen que la mayoría de los eventos de viento intenso ocurren en situaciones de actividad convectiva intensa, es decir estarían

[39] Sendas Representativas de Concentración (o RCP, por sus siglas en inglés), son escenarios que incluyen series temporales de emisiones y concentraciones de toda la gama de gases de efecto invernadero (GEI) y aerosoles y gases químicamente activos, así como el uso del suelo/cobertura terrestre. Ver más información *aquí*.

asociados a complejos convectivos de mesoescala, líneas de turbonada o frentes fríos, y no son de escala sinóptica.

Por otro lado, los ciclones extratropicales tienen escalas más grandes, sinópticas, y la extensión horizontal de los vientos asociados es del orden de cientos de kilómetros pudiendo durar varias horas. La velocidad de los vientos sostenidos (promedio en 10 minutos) en superficie puede alcanzar los 100 km/h en casos extremos, con rachas de viento superiores en zonas costeras. Durañona et. al. (2019) muestran que en la región sureste el pasaje de ciclones intensos tiene un rol más importante (Barreiro et al., 2021).

En cuanto al estudio de los vientos extremos, el análisis de escenarios de cambio climático se ha realizado a través de la caracterización de regímenes típicos de viento. Estos estudios muestran que se han intensificado los eventos de vientos extremos y que los cambios proyectados en los vientos extremos en invierno son robustos, siendo esperable que la frecuencia de ocurrencia de estos eventos siga aumentando en la zona costera. Es importante resaltar que, aunque la frecuencia en la ocurrencia de algunos patrones de circulación recurrentes no muestran tendencias significativas, el aumento de humedad consecuencia del calentamiento global puede dar lugar a tormentas y precipitaciones más intensas, que tendrán corrientes convectivas descendentes más fuertes. Este parece ser el caso de otoño y verano, por lo que es esperable que a futuro los eventos de viento extremo se intensifiquen en todo el país, pero principalmente al norte del río Negro, en estas temporadas. En primavera, las proyecciones indican una disminución en los vientos extremos en la región suroeste del país y aumento en el este.

Vulnerabilidad

La ocurrencia de fenómenos de vientos severos afecta ciertas infraestructuras críticas del sector energético, principalmente, las líneas de transmisión y distribución eléctricas, generando disrupciones recurrentes en el abastecimiento e impactando a los sectores de demanda.

En general, cualquier infraestructura puede ser impactada, generando, por ejemplo, la voladura de paneles solares, daños sobre los aerogeneradores o sobre cualquier infraestructura de cierta altura (torres, tanques de almacenamiento), así como también impactan la operación portuaria para el abastecimiento de combustibles -aspecto particularmente crítico en Terminal del Este, único punto de recepción de petróleo en el país- o la eventual exportación de energéticos. Los vientos extremos representan una amenaza recurrente y prioritaria para el sector energético.

La vulnerabilidad viene dada precisamente por las características de diseño de estas infraestructuras, el estado de la integridad de los activos (edad, mantenimiento, etc.) y los umbrales operativos ya que estos varían según la actividad. Por ejemplo, para la operación portuaria, intensidades de viento mayores a 40 km/h obligan a detenerla, mientras que para afectar a una infraestructura se pueden requerir velocidades mucho mayores. Comprender la vulnerabilidad implica no solamente contar con mayor información sobre los vientos extremos, sino también, el estado y criticidad de cada infraestructura. El NAP-E procura avanzar, ya desde su primera fase, en mejorar los registros de eventos para los fines de la evaluación de riesgos y la adaptación, así como también en el aseguramiento de la infraestructura (climate-proofing), tanto nueva como existente proporcionando información y mejorando los análisis de riesgos y los estándares de diseño.

5.2.6. Recursos eólicos

Conocimiento actual

El país cuenta con una red de medición -a 10 metros de altura- en estaciones meteorológicas, y más recientemente con la información que generan los parques eólicos, a la altura de los aerogeneradores -100m aproximadamente-. Por lo tanto, las tendencias de los vientos se pueden calcular solamente usando datos de reanálisis ya que el registro histórico de mediciones *in-situ* es corto (Barreiro et al, 2021).

Uruguay ha elaborado su mapa eólico[40] pero no se cuenta con suficientes proyecciones de escenarios de cambio climático que puedan determinar la evolución del recurso eólico. El estudio Análisis de los impactos del cambio climático en la generación eléctrica en el Cono Sur (Banco Mundial, 2023) plantea un leve aumento de los mismos y del factor de carga de las centrales eólicas. Barreiro et. al. (2021) plantean el potencial aumento de fenómenos extremos de viento, pero se entiende que no existe aún evidencia suficiente como para ser concluyentes respecto al impacto en el potencial de generación eólica.

Vulnerabilidad

Tanto una merma o un aumento en los factores de carga de las plantas podría reducir o incrementar la capacidad de generación y la productividad de los parques, con sus consecuencias en la economía de los proyectos y la competitividad del país, tanto de parques existentes, como en el desarrollo de futuros parques, particularmente aquellos vinculados a la economía del hidrógeno verde.

[40] *Ver aquí.*

5.2.7. Recurso solar

Conocimiento actual

La generación solar fotovoltaica y la energía solar térmica dependen esencialmente de la radiación solar que puedan captar. Uruguay ha elaborado su mapa solar[41] y mantiene una red de medición de recursos solares con tecnología moderna y buena distribución geográfica, gestionada por el Laboratorio de Energía Solar de la Universidad de la República.

En este sentido, si bien hoy existe un buen sistema de registro de datos, la red comenzó a desplegarse recién en el año 2010, por lo que no existe suficiente información histórica como para realizar estudios bajo escenarios de cambio climático.

Vulnerabilidad

La energía solar fotovoltaica, considerando todas las escalas, cubre solamente el 3% de la generación de energía eléctrica actual, sin embargo, es de esperar que en los próximos años tenga un crecimiento significativo, tanto por los costos de la tecnología como por su potencial de complementación horaria a lo largo del día con la eólica (el pico de generación solar es durante el valle de la eólica). El eventual desarrollo de la economía del hidrógeno podría potenciar aún más el desarrollo de la energía solar fotovoltaica.

Claramente, la evolución del recurso solar y la temperatura determinarán los factores de planta y su integración con otras fuentes, pero no es posible al momento actual, por la información existente, determinar si los factores de planta aumentarán o se reducirán en el futuro.

5.2.8. Incendios forestales

Conocimiento actual

Los incendios forestales son recurrentes en el país, en particular en la temporada estival. Las altas temperaturas, la baja humedad ambiente, la ausencia de precipitaciones (en particular en períodos de sequías prolongadas) y los vientos fuertes, son factores que favorecen su ocurrencia. Si bien no sería sencillo realizar una proyección bajo escenarios de cambio climático del riesgo de incendios forestales, sí es de esperar que los factores que aumentan la probabilidad de ocurrencia de este tipo de incendios se vean intensificados con el cambio climático, tal como fue explicado en secciones precedentes.

Entre noviembre de 2022 y marzo de 2023, año récord en número de incendios con una seria seca, se registraron 3.604 incendios que afectaron un total de 26.260 hectáreas. Los

[41] Ver *aquí*.

departamentos con mayor superficie afectada fueron Canelones, Río Negro, Artigas, Soriano y Maldonado[42]. Por otra parte, en 2021 tuvo lugar el incendio forestal más grande registrado en el país, con una afectación mayor a las 37.000 hectáreas en los departamentos de Río Negro y Paysandú, sobre el litoral del Río Uruguay.

Vulnerabilidades

Desde el punto de vista del sector energético, las líneas e infraestructura de transmisión y distribución eléctrica son las que presentan mayor potencial de impactos negativos, dependiendo de la zona del país en que se encuentren, para lo cual se hace necesario el adecuado mapeo y evaluación de las vulnerabilidades y riesgos ante esta amenaza.

5.2.9. Disponibilidad de cultivos y otras materias primas biogénicas

La producción agro-forestal es altamente vulnerable al cambio climático ya que su crecimiento anual depende críticamente de factores climáticos. Los principales riesgos se derivarían de sequías prolongadas, fenómenos extremos y la propagación de enfermedades y plagas, entre otros. En el caso de la producción agrícola, sus rendimientos anuales podrían afectar la disponibilidad de cultivos para los distintos usos energéticos (bioetanol, biodiésel, etc.) mientras que en el caso de la madera y otros residuos de biomasa (cáscara de arroz, bagazo de caña) su disponibilidad puede afectar la generación eléctrica a partir de esta fuente, de alta relevancia en el país.

Sin embargo, el necesario estudio de las vulnerabilidades y riesgos asociados a la fase de producción agrícola y forestal exceden el alcance de este Plan. El país cuenta también con un plan de adaptación del sector agropecuario (NAP-Agro) y políticas específicas para este sector gestionadas desde el Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca (MGAP). Reconociendo este alcance, el NAP-E propenderá los mecanismos de articulación con el NAP-Agro para avanzar en el análisis de potenciales vulnerabilidades en este aspecto.

[42] Ver *aquí*.

Parte III

Estrategia de Implementación, Medidas de Adaptación y Seguimiento

Capítulo 6 **Estrategia de Implementación**

6.1. Propósito y Visión Estratégica del NAP-E

El NAP-E tiene como propósito principal contribuir a mejorar la capacidad de adaptación, fortalecer la robustez, resiliencia, y reducir la vulnerabilidad climática del sector energético. Para ello, es necesario establecer una visión, una estrategia y una serie de medidas concretas de corto, mediano y largo plazo.

Para lograr este propósito, resulta fundamental que la adaptación sea un eje transversal del sector energético, es decir, que se incorpore en las decisiones de política energética, en las de la planificación del sistema y sus expansiones, y en el diseño, operación y mantenimiento de las infraestructuras energéticas. En otras palabras, pretende transversalizar la adaptación, en los diferentes niveles, tanto de decisión como técnicos, para que sea considerada como una variable más de la ecuación en los diferentes procesos de decisión del sector, y que el mismo esté alineado con los esfuerzos de descarbonización del sector energético. Esta expectativa, requiere un trabajo de largo aliento, tratándose de una temática con un grado de madurez relativamente bajo, tanto a nivel nacional como internacional, y en la que necesariamente se va haciendo camino al andar.

Como se menciona varias veces en este documento, la incertidumbre, tanto climática, como del avance tecnológico en el sector energético subyacen a la estrategia planteada en este Plan. Asumiendo que el grado de incertidumbre es alto, y que la adaptación no es una meta estática a la que se arriba a través de un solo camino, sino una meta móvil al que es necesario acercarse mediante aproximaciones sucesivas, el NAP-E necesariamente asume una estrategia iterativa, adaptativa y flexible, que permite ir incorporando los aprendizajes y los nuevos contextos y desafíos. Dicho de otra manera, el NAP-E asume un abordaje de política adaptativa que, en su proceso de avance, podrá delinear con mayor precisión las sendas de adaptación, sus árboles de decisión, sus alertas y sus medidas.

Así, la estrategia de adaptación definida y las medidas propuestas para la primera fase se abocan en instaurar los procesos necesarios para integrar la adaptación. Esto implica tener una visión clara de largo plazo, una gobernanza eficaz que direccione el proceso, un sistema de monitoreo, evaluación y aprendizaje (MEL) que permita realizar el seguimiento e identificar los desvíos para actuar en consecuencia y mecanismos para sensibilizar a los tomadores de decisión, desarrollar las capacidades en los equipos técnicos, sistematizar los

análisis de riesgos climáticos y tomar medidas para incrementar la capacidad adaptativa y así reducir las vulnerabilidades del sector energético.

Lo anterior, implica que diversos actores involucrados en la toma de decisiones sobre el sector energético incorporen integralmente la adaptación. En tal sentido, el NAP-E ha sido co-construido con una amplia variedad de actores del sector, los cuales han sido consultados en las distintas instancias de elaboración. En particular, las empresas públicas de energía que, como establece la Política Energética 2005-2030 "son el principal instrumento para la aplicación" de las políticas sectoriales han sido actores de su construcción. Para la etapa de implementación del Plan se propone un Comité de Dirección con la participación de MIEM, UTE y ANCAP; así como también se prevé contar con puntos focales en diversas instituciones y el establecimiento de mesas técnicas para trabajar en los distintos componentes del sistema energético y líneas de trabajo.

El NAP-E define cinco líneas de acción y tres fases de implementación con ambición creciente, y una visión aspiracional de largo plazo sobre el sector energético y su adaptación. Se proponen medidas de adaptación para la primera fase (2024-2026); las medidas de las etapas subsiguientes dependerán de los resultados de la primera fase y de los nuevos contextos que se presenten.

6.2. Principios del NAP-E

Por lo expuesto anteriormente, se han definido los siguientes principios para la implementación del plan:

Integrado

El foco principal del NAP-E es que la adaptación sea integrada positivamente en la toma de decisiones del sector energético; es decir, que la adaptación se transversalice en los procesos de planificación del sistema actual y futuro y en el diseño, operación y mantenimiento de sus infraestructuras.

Esto implica entender la adaptación como un proceso de aprendizaje continuo en el que se debe trabajar junto a los actores del sector creando capacidades y generando información y conocimiento útil.

Iterativo, adaptativo y flexible

Por las características propias de la adaptación, la alta incertidumbre sobre la cual se debe planificar y las condiciones cambiantes, tanto desde el punto de vista climático, como

energético e institucional, se plantea un abordaje iterativo, adaptativo y flexible, es decir, que bajo la premisa de que un sistema no puede estar adaptado, se procura lograr la adaptación mediante aproximaciones sucesivas.

Co-construido

La eficacia de las medidas y su implementación depende críticamente del abordaje conjunto con las diversas partes interesadas del sector energético. El enfoque de co-construcción está vinculado a la interdisciplinariedad y la interinstitucionalidad, ya que, esta visión holística permite tener mejores consideraciones para la definición de las medidas. Este enfoque primó durante la etapa de elaboración y seguirá siendo clave durante la etapa de implementación.

Transparente

La adaptación es un tema de prioridad nacional, por lo que la información generada en el marco del NAP-E se considera un bien público. Con el objetivo de impulsar la transparencia y la colaboración de las partes interesadas, se facilitará el acceso a información generada en el marco del NAP-E mediante su publicación de forma accesible y abierta, de forma de proveer información útil para facilitar la toma de mejores decisiones.

Sostenible con perspectiva de género

Las medidas del NAP-E y su implementación deben contribuir a promover la sostenibilidad en un sentido más amplio, como por ejemplo, las sinergias con la mitigación, el avance en el cumplimiento de los ODS, incorporar la perspectiva de género y diversidad, y atender inequidades. El NAP-E se alinea con la Estrategia de Género y Cambio Climático de Uruguay, procurando contribuir a la equidad de género desde diversas aristas, para lo cual contará con su propio Plan de Género (medida N°12). Este Plan prevé, por un lado, revisar la categorización inicial de las medidas de adaptación en función de su sensibilidad al género, procurar el equilibrio en los espacios consultivos y de generación de capacidades, y establecer indicadores desagregados por género, mientras que por otro lado, se busca identificar y evaluar los impactos diferenciales entre varones y mujeres que el cambio climático pueda generar a través del sector energético.

6.3. Objetivos del NAP-E

Objetivo General

El NAP-E tiene como objetivo principal aumentar la robustez y resiliencia del sector energético uruguayo frente a las amenazas asociadas al cambio climático, reduciendo su vulnerabilidad climática para que siga cumpliendo satisfactoriamente su función esencial de brindar a la población acceso de calidad a la energía y contribuir al desarrollo sostenible del país.

Objetivos Específicos

1. Instaurar los procesos, arreglos institucionales y mecanismos de articulación para incorporar la adaptación al cambio climático en los distintos niveles de decisión (estratégica y operativa) del sector energético.
2. Sensibilizar y generar capacidades institucionales sobre adaptación en energía a los niveles de decisión y técnicos de las diferentes instituciones públicas y privadas del sector energético en el país.
3. Avanzar en la generación de información y conocimiento sobre escenarios climáticos y sus impactos en el sector energético en el país, para direccionar medidas de adaptación efectivas.
4. Proveer información útil para la toma de decisiones en la planificación, operación y mantenimiento del sector energético.
5. Generar capacidades para el análisis de riesgos climáticos de la infraestructura energética actual, futura, y el abordaje de los potenciales riesgos catastróficos.
6. Definir la mirada de largo plazo del sector energético y el sistema de monitoreo e indicadores para establecer un enfoque de política adaptativo.

6.4. Líneas de acción del NAP-E

El NAP-E define cinco líneas de acción (LA) que responden a diversas brechas identificadas en el proceso de elaboración, las mismas se describen a continuación. Todas las líneas de acción son de largo plazo, de acción permanente y de ambición creciente durante las tres fases de implementación del plan.

LA-01 Gobernanza

La adaptación al cambio climático del sector energético requiere consolidar una gobernanza que permita avanzar en los diferentes frentes de trabajo. En este sentido, resulta fundamental incluir a los principales actores del sector energético, tanto a nivel de decisión como a nivel técnico, para generar una adecuada coordinación e implementación de las medidas propuestas, así como también sistematizar y socializar los aprendizajes.

Esta línea de trabajo define los arreglos institucionales tanto a nivel técnico como estratégico, asegurando que el NAP-E y su implementación sea co-construida entre los principales actores del sector.

LA-02 Fortalecimiento de capacidades y sensibilización

Si bien el sector energético en Uruguay cuenta con equipos técnicos de buen nivel, el análisis realizado durante la elaboración del NAP-E reveló que era necesario y prioritario impulsar de forma sistemática la sensibilización y la creación de capacidades sobre adaptación en el sector energético en los distintos niveles de forma de ecualizar el conocimiento y facilitar su integración a la toma de decisiones.

Esta línea de acción procura asegurar que todos los actores del sector energético estén sensibilizados y cuenten con capacidades para abordar esta temática.

LA-03 Gestión de información y conocimiento

La información existente sobre los impactos climáticos del sector energético se encuentra de forma dispersa en diversos organismos y la misma no siempre es pública ni suficiente para los intereses específicos de la adaptación.

A través de esta línea se propone avanzar en superar estas brechas, procurando asegurar un registro estandarizado y el flujo de información necesarios para los objetivos del Plan, en particular, sobre las variables hidrometeorológicas, los fenómenos climáticos, los costos

que genera sobre la infraestructura, el abastecimiento y la demanda energética y de los riesgos a los cuales está expuesta.

LA-04 Reducción de vulnerabilidades del sector energético

Esta línea busca concretamente que el sector energético se prepare para poder responder ante las amenazas del cambio climático. Si bien las vulnerabilidades del sistema se describieron, con el nivel de información disponible en la actualidad, en el capítulo 5, es necesario seguir profundizando en el conocimiento sobre las amenazas, su posible evolución, impactos y riesgos sobre el sector energético. La reducción de vulnerabilidades del sector implica acciones a nivel de la planificación, incorporando las tendencias de largo plazo, así como también en otras escalas temporales, como la respuesta a eventos extremos.

Se procura, precisamente, avanzar en el análisis de riesgos del sector energético y sus infraestructuras, para poder gestionarlos adecuadamente, minimizando los daños y pérdidas del sistema y asegurando que siga cumpliendo sus funciones adecuadamente al menor costo posible, considerando fundamentalmente las afectaciones sobre los sectores de demanda, en particular las personas, los servicios esenciales y el sector productivo.

LA-05 Monitoreo, Evaluación y Aprendizaje (MEL)

Esta última línea de trabajo pretende asentar el proceso de seguimiento y mejora continua, definiendo el sistema de indicadores y las instancias de reporte, jugando un rol fundamental en la implementación del NAP-E, en particular en el proceso iterativo y como enfoque de política inherentemente adaptativo. En el capítulo 7 se describe esta línea con mayor detalle.

6.5. Fases de Implementación del Plan

El NAP-E se plantea en tres fases de implementación, con ambición creciente, en consistencia con el abordaje de política adaptativa que subyace al Plan. A continuación, se hace una breve descripción de cada fase y luego se definen las expectativas para cada una.
A continuación, se presenta un esquema de las fases y líneas de acción y más adelante la descripción de las mismas.

La **Primera Fase de implementación (2024-2026)**, responde a la necesidad de corto plazo de sentar las bases para la incorporación y transversalización de la adaptación en el sector

energético. En este sentido, el foco está en instaurar y echar a andar los principales procesos para la integración de la adaptación. Se definen medidas para cada línea de trabajo con foco en la instauración de una gobernanza eficaz, en la sensibilización y la creación de capacidades, en avanzar en el desarrollo de los sistemas de información y en el conocimiento climático y del impacto en la demanda, así como los daños y pérdidas asociados, en los análisis de riesgos climáticos del sistema y sus infraestructuras y en el desarrollo del sistema de monitoreo, evaluación y aprendizaje. Algunas "acciones tempranas" han comenzado a impulsarse durante el proceso de elaboración del NAP-E, en particular, lo que refiere a la diagnóstico de brechas de información y conocimiento climático para la adaptación en el sector energético para la definición de estudios de profundización sobre escenarios climáticos (medidas N°3 y N°4), el análisis preliminar de afectaciones del cambio climático en el marco de la actualización de las normas ISO (medida N°7) y el desarrollo de indicadores de capacidad adaptativa para el MEL (medidas N°13 y N°14), además de haber avanzado en la coordinación institucional para la implementación del NAP-E.

La **Segunda Fase de Implementación (2026-2030),** definida con horizonte al 2030, para que sea consistente con los plazos de las CDNs, se espera que dé continuidad y profundice sobre los logros y resultados de la Primera Fase, avanzando también sobre un plan de inversiones para la adaptación. Se prevé una revisión mayor del NAP-E a mediados de este período, que incorpore los avances en cuanto a información climática y la situación del sector energético; y la definición de las medidas de la fase subsiguiente, con horizonte 2035, alineado a la CDN correspondiente. Se estima que aún no es posible definir medidas específicas para esta fase, dado que su definición está supeditada a los resultados de la primera fase y de los indicadores del MEL.

La **Tercera Fase de Implementación (2030-2050)**, dará continuidad al proceso iterativo y de adaptación progresiva. No es posible definir medidas concretas para esta fase en el momento actual, aunque sí una visión aspiracional del sector energético, y un mecanismo de gobernanza y seguimiento de la adaptación para aproximarse iterativamente a esta.

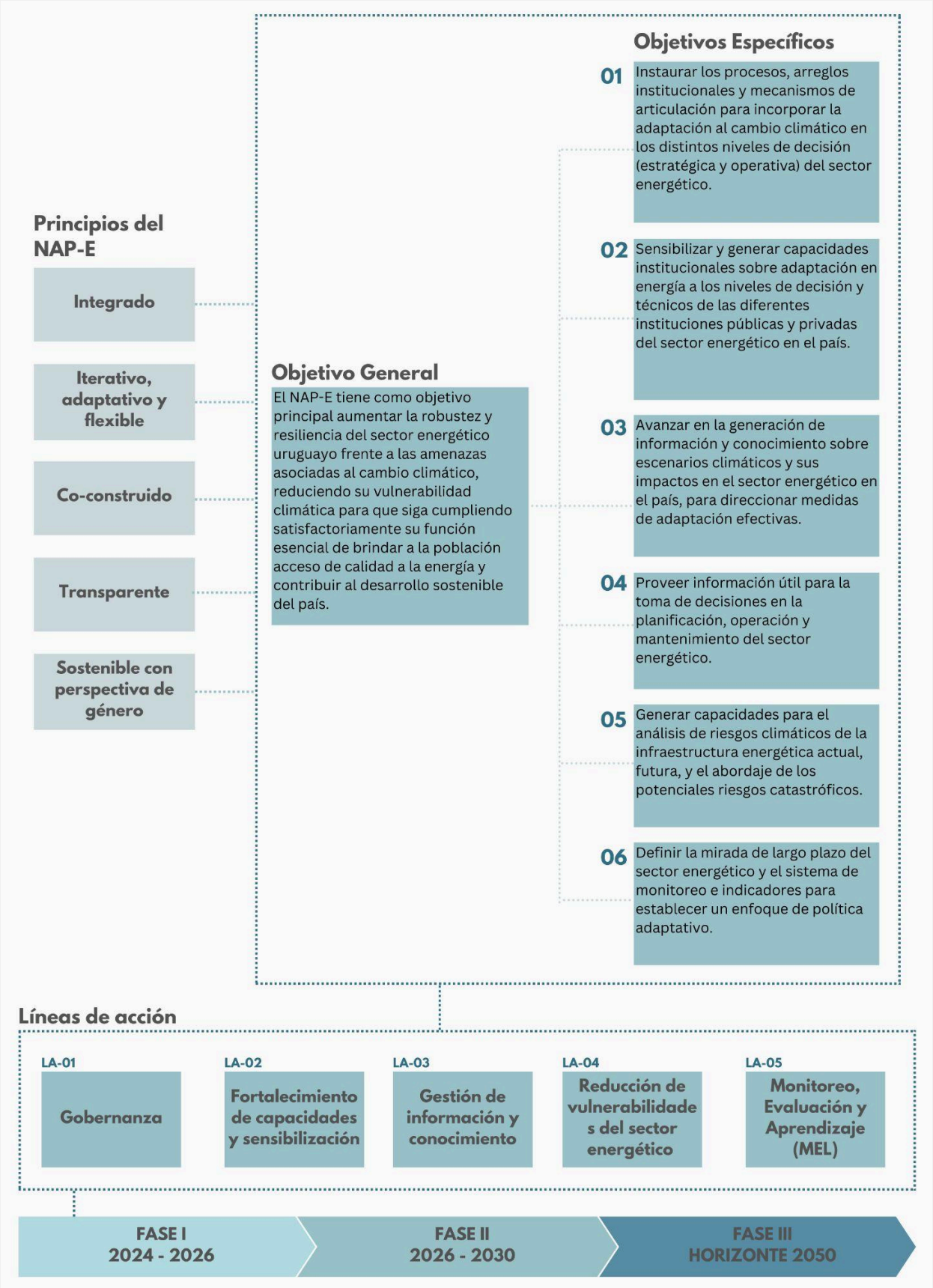


Figura 18 Esquema con objetivos, líneas de acción y fases de implementación del NAP-E.

Expectativas primera fase

- Gobernanza instaurada y funcionando adecuadamente
- Haber fortalecido las capacidades de los equipos técnicos y decisores de las diferentes instituciones en materia de adaptación al cambio climático en el sector energía, mediante la implementación de un plan de fortalecimiento de capacidades.
- Haber diseñado el sistema de gestión de información energética para la adaptación al cambio climático, mapeado la información existente y sus brechas y comenzado la implementación.
- Haber desarrollado estudios bajo escenarios de cambio climático que profundicen el conocimiento sobre las amenazas y fenómenos climáticos identificados como prioritarios para su abordaje en el sector energético y asegurado su incorporación a la planificación energética.
- Haber definido una hoja de ruta para sistematizar los análisis de riesgos en la infraestructura energética en base a buenas prácticas internacionales, que sirva como insumo para avanzar en el desarrollo de planes de adecuación de infraestructura existente y nueva.
- Haber realizado una evaluación preliminar de los riesgos potencialmente catastróficos.
- Sistema MEL implementado y funcionando adecuadamente.
- Plan de medidas de adaptación para el período 2026-2030.

Expectativas segunda fase

- Desarrollo y puesta en implementación de un plan de inversiones para la reducción del riesgo climático.
- Sistematización de los procesos de análisis y gestión de riesgo climático, tanto para el sistema y la infraestructura existente y nueva
- Profundización en el conocimiento de las amenazas climáticas
- Primera revisión mayor del NAP-E realizada
- Medidas definidas para la CDN2 cumplidas
- Plan de medidas de adaptación para el período 2030-2035 definidas, en línea con la CDN correspondiente y otros compromisos que suma el país en materia de adaptación.

Expectativas tercera fase

- Un sector energético con la adaptación plenamente incorporada en sus procesos de decisión a nivel de la planificación, diseño, operación y mantenimiento del sector energético y sus infraestructuras.

6.5.1. Medidas de Adaptación (Fase I)

A continuación, se listan brevemente las medidas de adaptación para la Primera Fase de Implementación del NAP-E. El detalle de estas medidas puede consultarse en el Anexo I.

Línea de Acción	Medidas (Fase I)
LA-01 Gobernanza	1. Conformación del Comité de Dirección y las articulaciones necesarias para la implementación del NAP-E.
LA-02 Fortalecimiento de capacidades y sensibilización	2. Sensibilización y fortalecimiento de capacidades de los actores del sector energético.
LA-03 Gestión de información y generación de conocimiento	3. Diagnóstico de brechas de información y conocimiento climático para la adaptación en el sector energético. 4. Implementación de estudios de escenarios climáticos sobre variables y fenómenos prioritarios para el sector energético. 5. Avanzar en el diseño y desarrollo de un sistema de gestión de información energética para la adaptación.
LA-04 Reducción de vulnerabilidades del sector energético	6. Análisis de infraestructura energética expuesta a riesgo de inundación. 7. Análisis preliminar de afectaciones del cambio climático en el marco de la actualización de las normas ISO. 8. Sistematización del análisis de riesgos climáticos de la infraestructura energética. 9. Análisis de los potenciales impactos climáticos sobre los sectores de consumo energético. 10. Análisis exploratorio de amenazas, vulnerabilidades y riesgos potencialmente catastróficos. 11. Realizar una evaluación de los costos de “no adaptación” para facilitar los análisis de costo-beneficio. 12. Plan de género del NAP-E.
LA-05 Monitoreo, Evaluación y Aprendizaje (MEL)	13. Crear capacidades en el diseño y seguimiento de indicadores de resiliencia y capacidad adaptativa. 14. Desarrollo e implementación del sistema de monitoreo, evaluación y aprendizaje (MEL).

Capítulo 7 **Monitoreo, Evaluación y Aprendizaje**

7.1. **Introducción**

El monitoreo y la evaluación son componentes claves de la adaptación al cambio climático y representan uno de los cuatro pasos en el ciclo iterativo de políticas de adaptación (CMNUCC, 2023), ya que permite dar seguimiento a los avances y evaluar la efectividad de las medidas de adaptación, incorporando además los aprendizajes del proceso.

El MEL, para ser adecuadamente integrado dentro del proceso iterativo de adaptación, deberá apoyar los procesos fundamentales del ciclo, es decir, la evaluación de impactos, vulnerabilidad y riesgos, la planificación de la adaptación y la implementación de medidas, tal como se resume en la Figura 19.

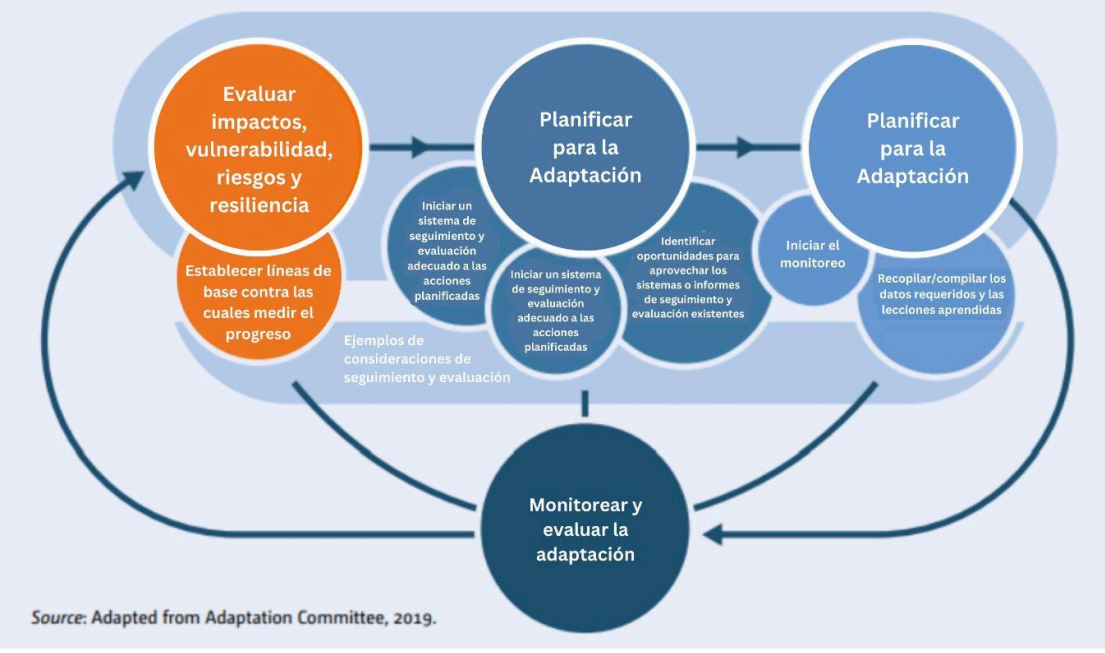


Figura 19 Monitoreo y Evaluación en el proceso iterativo de adaptación.
Fuente: CMNUCC (2023).

La experiencia internacional muestra algunos desafíos comunes para la implementación del MEL, destacándose la falta de métricas comunes o estándar sobre adaptación, la propia incertidumbre de los efectos del cambio climático en el largo plazo, la no disponibilidad de información y la falta de capacidades técnicas para sustentar el proceso.

7.2. El MEL en el NAP-E

El desarrollo del MEL se definió como un proceso en elaboración que se culminará durante la primera fase de implementación del plan (2024-2026). En particular, se prevé para esta fase el desarrollo de los indicadores -y de los flujos de información necesarios para su cálculo-, la definición de las instancias de revisión y la creación de capacidades sobre indicadores de capacidad adaptativa y MEL. A continuación, se presentan las pautas para cada uno de los tres elementos mencionados y sobre las cuales se construirá el MEL.

7.2.1. Indicadores

Los indicadores se definen en varias capas y tienen como finalidad dar seguimiento de forma simultánea a diferentes aspectos de interés.

El primer grupo de indicadores aborda el desempeño general del sector energético, que permitirá establecer si el mismo está cumpliendo con sus funciones fundamentales y si está sufriendo disrupciones significativas por aspectos climáticos. En general, se espera definir indicadores que tienen vínculo con los utilizados por los distintos organismos del Estado para monitorear el sistema energético y son publicados regularmente en el marco de, por ejemplo, el Balance Energético Nacional, informes de UTE, Salto Grande, ADME, ANCAP, URSEA o DNE, entre otros. Por otra parte, algunos indicadores o bases de información existentes podrían requerir adaptarse o complementarse para evidenciar la vinculación climática de los impactos en el desempeño. Cabe mencionar que el hecho de que un sistema se esté desempeñando de forma satisfactoria en un momento o año determinado no implica necesariamente que el sector energético sea resiliente o que esté efectivamente adaptado y adaptándose al cambio climático por venir, por eso se definen también otras capas de indicadores con ese objetivo.

> Ejemplos de indicadores a analizar: Costo de abastecimiento de la demanda eléctrica (CAD), Costos de abastecimiento de combustibles, Emisiones del sector energético / factor de emisión del sistema interconectado nacional (SIN), Indicadores de calidad de servicio.

El segundo grupo de indicadores pretende monitorear las amenazas, la exposición, la vulnerabilidad y los impactos climáticos sobre el sector energético, es decir, el riesgo climático del sector energético. Este segundo grupo de indicadores tiene como objetivo identificar si las amenazas se están intensificando, si se están produciendo afectaciones (pérdidas y daños) por motivos climáticos y así evaluar los riesgos y la costo-efectividad de las medidas de adaptación y su priorización.

Ejemplo de indicadores a desarrollar: seguimiento de variables hidrometeorológicas y fenómenos climáticos que representan amenazas para el sector energético (temperatura, precipitaciones, vientos, radiación, eventos extremos, entre otros), pérdidas y daños sobre el sector energético, seguimiento de exposición y capacidad adaptativa (análisis de riesgos en infraestructuras críticas y nuevas).

El tercer grupo de indicadores incluye aquellos que pretenden evaluar, de forma proactiva, la resiliencia y la capacidad adaptativa del sistema, sus vulnerabilidades y cómo las infraestructuras actuales o futuras estarían preparadas para soportar y responder ante los riesgos del cambio climático, o asegurar que la planificación energética esté incorporando la última información y conocimiento disponible sobre escenarios climáticos.

Ejemplo de indicadores a desarrollar: % de instalaciones críticas con análisis de riesgos realizados, % de instalaciones nuevas que realizan análisis de riesgos del cambio climático, % de instalaciones de determinado tipo que soporta un determinado umbral de una amenaza.

Un último grupo de indicadores está vinculado a la gestión propia del NAP-E, es decir, miden el progreso en la implementación y si se está cumpliendo adecuadamente con los avances comprometidos.

Ejemplo de indicadores a analizar: % de avance de cada una de las medidas de adaptación definidas.

La definición precisa de los indicadores se realizará durante la implementación del NAP-E. Se han definido medidas específicas para la primera fase que apuntan a tal fin. Esto se debe a que la definición de indicadores requiere un trabajo con los diferentes organismos generadores de información para desarrollar indicadores medibles y sostenibles en el tiempo.

7.2.2. Instancias de revisión

Se prevé realizar distintas instancias de revisión de los avances e indicadores en forma anual, y revisiones estratégicas de menor frecuencia. Las distintas instancias de revisión deberán incluir la sistematización de los aprendizajes.

Instancias de revisión

- Informes de avance y seguimiento anuales.
- Revisión a año cerrado en función de los indicadores del MEL.

- Revisión estratégica, que incluya la revisión de los propios indicadores, al cierre de cada fase (2026 y 2030), con instancia intermedia propuesta para 2028, alineado a los períodos de las CDNs.

7.2.3. Creación de Capacidades

Una de las brechas existentes para el desarrollo del MEL es la necesidad de crear capacidades técnicas sobre adaptación, monitoreo y evaluación. De esta forma, se prevé una medida específica (medida N°13) para la primera fase de implementación del NAP-E que establece el desarrollo de talleres de capacitación para los equipos responsables de la implementación del MEL del NAP-E.

Anexo I

Descripción de las Medidas de Adaptación Propuestas de la Fase I

Medida 1

Nombre	**Conformación del Comité de Dirección y las articulaciones necesarias para la implementación del NAP-E**
Línea de Acción	Gobernanza.
Brecha identificada	La necesidad de transversalizar la adaptación con organismos y empresas clave para la definición, implementación y seguimiento de las medidas y sus resultados.
Objetivo	Conformación del Comité de Dirección del NAP-E y de las Mesas de Trabajo con el fin de asegurar la consistencia y la coordinación de las acciones del NAP-E entre los distintos organismos.
Descripción	Establecer un Comité de Dirección, conformado por el MIEM, ANCAP y UTE, responsable de impulsar la implementación y dar seguimiento a las medidas de adaptación del NAP-E, y procurar la designación de los puntos focales en cada una de las organizaciones vinculadas al NAP-E. Establecer las Mesas de Trabajo especializadas que faciliten la articulación y permitan aprovechar las sinergias entre las diversas instituciones vinculadas a la adaptación del sector energía, asegurando la coordinación técnica y la transversalización de las acciones de adaptación.
Acciones	- Designación o contratación de un/a coordinador/a general - Designar a los representantes (titular y alterno) de MIEM, UTE y ANCAP que conformarán el Comité de Dirección - Solicitar la designación de puntos focales en las instituciones vinculadas - Definir el funcionamiento del Comité de Dirección y proponer las Mesas de Trabajo especializadas.
Entidad Responsable	ANCAP, MIEM, UTE
Otras entidades	ADME, ALUR, ANCAP, AUGPEE, INUMET, MA (DINACC / DINAGUA), OPP, Salto Grande, SINAE (Dirección Nacional de Emergencias), SNRCC, UDELAR (FCIEN y FING), URSEA y UTE y otras que se identifiquen.

Plazo de ejecución	Inicio inmediato tras la aprobación del Plan
Financiamiento	Requerido para la contratación de un/a coordinador/a
Sensibilidad al género	Neutra.
Verificación	Comité establecido y funcionando, puntos focales designados, mesas de trabajo propuestas y/o establecidas, coordinador designado.

Medida 2

Nombre	**Sensibilización y fortalecimiento de capacidades de los actores del sector energético**
Línea de Acción	Fortalecimiento de capacidades y sensibilización
Brecha identificada	Carencias de información y conocimiento sobre adaptación al cambio climático en los distintos niveles, de decisión y técnico, de las instituciones y empresas del sector energético.
Objetivos	Sensibilizar, proveer conocimiento técnico y mantener actualizados a los actores del sector energético sobre riesgos climáticos y adaptación para facilitar su incorporación en la toma de decisiones del sector energético.
Descripción	Elaborar un plan de sensibilización y capacitación para los tomadores de decisión del sector energético y los equipos técnicos de las diferentes instituciones, a través de diversas acciones a la medida de cada actor. En general, se espera generar instancias de intercambio con decisores y equipos técnicos, en las que se presente la problemática de la adaptación en energía, el NAP-E, los avances en el país, los riesgos climáticos, los vínculos entre adaptación y género y el rol de la organización en la gestión de dichos riesgos.
Acciones	- Elaboración de un plan de sensibilización, capacitación y actualización permanente - Preparación, coordinación y ejecución de las instancias de sensibilización y capacitación - Registro, seguimiento, difusión e identificación de nuevas necesidades.
Entidad Responsable	Comité de Dirección NAP-E.
Otras entidades	ADME, ALUR, ANCAP, AUGPEE, INUMET, MA (DINACC / DINAGUA), OPP, Salto Grande, SINAE (Dirección Nacional de Emergencias), SNRCC, UDELAR (FCIEN y FING), URSEA y UTE y otras que se identifiquen.

Plazo de ejecución	6 meses para la elaboración del Plan y realización de la primera instancia de fortalecimiento de capacidades.
Financiamiento	Requerido para especialistas que preparen y dicten las instancias de fortalecimiento de capacidades.
Sensibilidad al género	Potencialmente responsiva.
Verificación	Plan aprobado y memorias de las actividades realizadas.

Medida 3

Nombre	**Diagnóstico de brechas de información y conocimiento climático para la adaptación en el sector energético.**
Línea de Acción	Gestión de información y generación de conocimiento.
Brecha identificada	El estudio de las amenazas climáticas para el sector energético requiere de información, registros y series largas y consistentes que permitan realizar estudios de escenarios climáticos. Esa información no siempre está disponible en el país o puede presentar ciertas brechas (en los registros, en la apertura territorial, en la historia de la serie, etc.) para los intereses de la adaptación del sector energético.
Objetivo	Disponer de una línea de base de la información y el conocimiento climático en el país con el fin de priorizar los estudios sobre escenarios climáticos a realizar, así como de un camino crítico para el cierre de brechas.
Descripción	El informe de brechas deberá realizar una línea de base de la información y conocimiento sobre amenazas climáticas disponible en el país, estableciendo cómo puede ser aprovechado el conocimiento ya generado, así como también qué es posible estudiar con la información disponible y cómo superar las brechas de aquello que sería deseable estudiar, proveyendo información útil para la priorización y ejecución de estudios de profundización.
Acciones	Realizar un estudio que defina una línea de base sobre información y conocimiento climático para la adaptación en energía, y las prioridades para el cierre de las brechas existentes.
Entidad Responsable	MIEM.
Otras entidades	FCIEN.
Financiamiento	Requiere financiamiento de consultoría experta para realización del estudio.
Sensibilidad al género	Neutra.
Verificación	Estudio finalizado

Medida 4

Nombre	**Implementación de estudios de escenarios climáticos sobre variables y fenómenos prioritarios para el sector energético.**
Línea de Acción	Gestión de información y generación de conocimiento.
Brecha identificada	Necesidad de profundizar en el conocimiento de las amenazas climáticas específicas para el sector energético para la evaluación de riesgos y la toma de decisiones.
Objetivo	Generar y proveer información y conocimiento útil sobre la posible evolución de las amenazas y fenómenos climáticos relevantes para el sector energético, para que sea incorporada en la toma de decisiones del sector.
Descripción	Desarrollar los estudios que se prioricen sobre escenarios climáticos para las amenazas más relevantes del sector energético, y establecer un orden de prioridad para futuros estudios que resulten de interés. Disponer de esta información permitirá avanzar hacia la evaluación cuantitativa de los riesgos climáticos, así como también del análisis de costo-efectividad de las medidas de adaptación. Los estudios a realizar se derivarán de los resultados de la Medida n°3, y del análisis de vulnerabilidades realizado en el NAP-E, en el cual las sequías y las olas de calor y de frío, fueron consideradas de forma preliminar como prioritarios y viables para su estudio. A su vez, deberá dársele difusión a los resultados para su incorporación a la toma de decisiones del sector.

Acciones	- Realizar un informe(s) sobre escenarios climáticos para las amenazas o fenómenos priorizados para la planificación del sistema energético, su infraestructura, y su adaptación. - Desarrollar un mecanismo que asegure que dichos informes sean incorporados a la planificación, diseño, operación y mantenimiento del sistema energético y en la gestión de la integridad de sus infraestructuras. - Desarrollar un orden de prioridad para futuros estudios. - Dar divulgación de sus resultados
Entidad Responsable	Comité de Dirección NAP-E.
Otras entidades	FCIEN.
Financiamiento	Requiere de consultorías expertas para la realización de los análisis de escenarios climáticos.
Sensibilidad al género	Potencialmente responsiva.
Verificación	Estudios realizados, divulgados y apropiados por las instituciones correspondientes.

Medida 5

Nombre	**Avanzar en el diseño y desarrollo de un sistema de gestión de información energética para la adaptación**
Línea de Acción	Gestión de información y generación de conocimiento.
Brecha identificada	La planificación y gestión de la adaptación requiere disponer de información adecuada. Si bien el sector energético cuenta con buena información, la misma suele encontrarse dispersa y no necesariamente atiende a las necesidades específicas de la adaptación. Se identificaron brechas en el registro de variables climáticas, en el registro y valoración de incidentes y su conexión con causas climáticas, en la disponibilidad de información sobre infraestructura, así como también en los flujos de información y en la forma en que ésta se comparte a las distintas partes interesadas.
Objetivo	Diseñar y comenzar a implementar un sistema de gestión de información energética para la planificación y gestión de la adaptación.
Descripción	Diseñar e implementar un sistema de gestión de información que permita dar seguimiento a los impactos climáticos sobre el sector energético y su adaptación, desagregando los impactos sobre la población por género y otras variables de interés. Esto implica poder llevar un adecuado registro de los eventos meteorológicos, y de los impactos sobre la infraestructura y las disrupciones del sistema por causas climáticas, de forma de contribuir a la toma de decisiones y a la evaluación de riesgos y de medidas de adaptación. El sistema deberá definir qué datos e indicadores interesa recopilar, cómo son los flujos y la gobernanza de los datos, quién los genera, cómo se comparten, cómo se validan, quién puede acceder y en qué formato, qué plataformas y recursos se requieren, cómo se almacenan, etc. El desarrollo de un sistema de información es una línea de acción de largo plazo, para la cual se espera, en esta primera fase, lograr al menos el mapeo de la información existente y el diseño del sistema, habiendo comenzado su implementación.

Acciones	- Realizar un mapeo de la información existente con los distintos organismos generadores de información - Diseñar el sistema de información y realizar un diagnóstico de brechas - Comenzar la implementación del mismo con aquellos datos e indicadores que sea posible desarrollar/adaptar en el corto plazo.
Entidad Responsable	Comité de Dirección.
Otras entidades	ADME, ALUR, ANCAP, AUGPEE, INUMET, MA (DINACC / DINAGUA), OPP, Salto Grande, SINAE (Dirección Nacional de Emergencias), SNRCC, UDELAR (FCIEN y FING), URSEA y UTE y otras que generan información relevante para la adaptación en energía.
Financiamiento	Requerido para consultoría de mapeo y diseño del sistema y posiblemente también para soluciones de TI.
Sensibilidad al género	Sensible.
Verificación	Informe de mapeo y diseño del sistema de información, primera versión de informe de indicadores.

Medida 6

Nombre	**Análisis de infraestructura energética expuesta a riesgo de inundación.**
Línea de Acción	Reducción de vulnerabilidades del sector energético.
Brecha identificada	Las inundaciones son una amenaza relevante para la infraestructura energética en el país, fundamentalmente la distribución eléctrica y activos críticos potencialmente expuestos. A pesar de que se dispone de información sobre líneas de inundación, sus períodos de retorno, escenarios de cambio climático, la ubicación precisa de la infraestructura energética y que se realiza sistemáticamente el análisis de riesgo de inundaciones para infraestructura urbana, no se ha realizado este cruzamiento con los activos del sector energético.
Objetivo	Realizar un análisis de riesgo de inundación sobre infraestructura energética para identificar activos potencialmente expuestos, y planificar su adaptación.
Descripción	Realizar un informe que evalúe el grado de exposición de los activos energéticos a la amenaza de inundación, y su potencial impacto sobre el sector energético y la población, de forma de poder desarrollar intervenciones para la adaptación de los activos existentes, así como también para considerarlo en futuros desarrollos de infraestructura. Este informe se realizaría en base la información que genera DINAGUA sobre riesgos de inundaciones (Atlas, etc.) e información de la infraestructura energética provista por sus operadores.
Acciones	- Mapeo georreferenciado de infraestructura energética - Coordinación con DINAGUA para incorporar la información sobre infraestructura energética en los análisis de riesgos de inundación - Mapeo de infraestructura energética potencialmente expuesta a riesgo de inundación, considerando plazos, y la criticidad de estas infraestructuras para el sector energético - Propuesta preliminar de medidas para la adaptación de dichas infraestructuras y el servicio energético

	- Difusión de los resultados.
Entidad Responsable	Comité de Dirección NAP-E.
Otras entidades	DINAGUA, operadores de infraestructura energética.
Financiamiento	Se procura realizar con recursos propios.
Sensibilidad al género	Neutra
Verificación	Informe de mapeo publicado, incorporación de la infraestructura energética a los análisis habituales de riesgos de inundación de DINAGUA.

Medida 7

Nombre	**Análisis preliminar de afectaciones del cambio climático en el marco de la actualización de las normas ISO.**
Línea de Acción	Reducción de vulnerabilidades del sector energético.
Brecha identificada	Adecuación de los sistemas de gestión de las empresas certificadas incorporando los riesgos del cambio climático. La reciente normativa ISO exige que todas aquellas empresas que están certificadas en sus sistemas de gestión, en particular el de calidad (ISO 9001) y ambiental (ISO 14001) deberán identificar y asentar los efectos del cambio climático en sus operaciones y partes interesadas, antes del cierre de 2024, para sostener la certificación.
Objetivo	Realizar una identificación primaria de riesgos climáticos en las empresas del sector energético en el país, con el fin de avanzar en integrar la planificación y gestión de la adaptación en las empresas del sector alineándola con estándares internacionales.
Descripción	Trabajar en conjunto a las empresas del sector para apoyar la identificación y gestión de los efectos del cambio climático y las vulnerabilidades, en el marco de la actualización de los estándares y certificaciones ISO, como paso preliminar para la elaboración de planes de adecuación de la infraestructura, la alineación con estándares internacionales sobre adaptación y la integración de la adaptación en la gestión de las empresas. En la primera fase se apoyaría fundamentalmente proveyendo información y generando canales de comunicación e intercambio técnico permanente.
Acciones	- Compartir información a las empresas del sector para apoyar la identificación de los impactos del cambio climático - Realizar talleres y reuniones bilaterales de intercambio para la identificación de los impactos del cambio climático y realizar un informe de sistematización.

Entidad Responsable	Comité de Dirección NAP-E.
Otras entidades	UNIT, empresas certificadas.
Plazo de ejecución	1 año
Requerimientos	Se procura realizar con recursos propios.
Financiamiento	Se procura realizar con recursos propios.
Sensibilidad al género	Neutra.
Verificación	Informe realizado.

Medida 8

Nombre	**Sistematización del análisis de riesgos climáticos de la infraestructura energética.**
Línea de Acción	Reducción de vulnerabilidades del sector energético.
Brecha identificada	El cambio climático puede acarrear nuevas amenazas o intensificar las existentes, modificando el perfil de riesgos, tanto de las infraestructuras energéticas actuales como de las que se desarrollarían en el futuro. Si bien el diseño, la operación y el mantenimiento de las infraestructuras se realiza bajo estándares y normas internacionales, éstos no necesariamente están adaptados a un aumento previsible de la frecuencia e intensidad de eventos climáticos extremos u otros fenómenos como variaciones en el nivel de recursos energéticos o la disponibilidad de agua. Actualmente no existe una propuesta metodológica que permita realizar el análisis de riesgos climáticos de la infraestructura.
Objetivo	Sistematizar el análisis de los riesgos del cambio climático para la infraestructura energética actual y futura.
Descripción	Sistematizar el análisis y la gestión de los riesgos climáticos es un aspecto fundamental de la adaptación y una tarea de largo plazo. En la primera fase (2024-2026) se pretende avanzar en la sistematización de bibliografía y buenas prácticas internacionales sobre metodologías de análisis de riesgo y en desarrollar una hoja de ruta para su implementación. Esto tiene, al menos, dos vertientes, la infraestructura existente y la infraestructura a construir, para lo cual habrá que analizar la criticidad, las regulaciones, estándares y normas existentes para definir recomendaciones y proveer insumos útiles para la adecuación y el aseguramiento de la infraestructura ante el cambio climático (*climate-proofing*). Se espera que la implementación de la hoja de ruta se realice principalmente en la segunda fase de implementación del NAP-E (2026-2030), sin perjuicio de acciones y avances tempranos que puedan lograrse en la primera fase (2024-2026)

Acciones	- Realizar un análisis de bibliografía y buenas prácticas internacionales sobre análisis de riesgos climáticos en infraestructura energética. - Realizar un análisis de la regulación, normas y estándares existentes sobre diseño y construcción de diversas infraestructuras energéticas - Desarrollar un informe de recomendaciones para desarrollar e implementar una metodología de análisis de riesgos climáticos en la infraestructura energética existente - Desarrollar un informe de recomendaciones para la implementación de análisis de riesgos climáticos en nuevas infraestructuras energéticas - Definir una hoja de ruta para sistematizar los análisis de riesgos en la infraestructura energética, que sirva como insumo para avanzar en el desarrollo de planes de adecuación de infraestructura.
Entidad Responsable	Comité de Dirección NAP-E.
Otras entidades	Empresas del sector energía, OPP, instituciones de normalización, certificación y academia que se entienda pueden aportar.
Financiamiento	Requiere consultorías expertas en análisis de riesgos climáticos en infraestructura energética para el desarrollo de los informes de recomendaciones y la hoja de ruta.
Sensibilidad al género	Neutra.
Verificación	Informes y hoja de ruta publicados.

Medida 9

Nombre	**Análisis de los potenciales impactos climáticos sobre los sectores de consumo energético.**
Línea de Acción	Gestión de información y generación de conocimiento.
Brecha identificada	Actualmente no se cuenta con información en profundidad sobre cómo los diferentes sectores de demanda y grupos poblacionales pueden ser afectados por los impactos del cambio climático en el sector energético, lo cual representa una brecha para la formulación de políticas y el diseño de medidas de adaptación.
Objetivo	Generar información sobre los impactos del cambio climático en los distintos sectores de demanda de energía, incluyendo el análisis de género e interseccionalidad asociadas a otras vulnerabilidades sociales.
Descripción	Realizar un primer estudio sobre cómo el cambio climático puede impactar en los sectores de demanda de energía, con foco en comprender los impactos diferenciales sobre diferentes sectores y grupos poblacionales, así como de las interseccionalidades y las vulnerabilidades asociadas. Se espera en la primera fase de implementación del NAP-E (2024-2026) poner foco en definir cómo sistematizar e integrar estadísticas para incorporarlas al sistema de información del NAP-E (Medida N°5) para desarrollar estudios que permitan abordar los impactos sobre los sectores de demanda y generar insumos para la interacción con otras políticas, proyectos y programas que apunten a reducir la vulnerabilidad de los mismos.
Acciones	- Análisis de la información y estadísticas existentes sobre cambio climático, energía, consumos de energía, indicadores sociodemográficos, e impactos de las disrupciones del sistema energético. - Informe de recomendaciones para la integración de estadísticas que permitan evaluar los impactos sobre los diferentes sectores de demanda y grupos sociales .
Entidad Responsable	Comité de Dirección NAP-E.
Otras entidades	MA-DINACC.
Financiamiento	Se requiere consultoría experta para realizar este estudio.
Sensibilidad al género	Sensible.
Verificación	Informes publicados.

Medida 10

Nombre	**Análisis exploratorio de amenazas, vulnerabilidades y riesgos potencialmente catastróficos.**
Línea de Acción	Reducción de vulnerabilidades del sector energético.
Brecha identificada	Se estima que el cambio climático puede incrementar la frecuencia e intensidad de los fenómenos extremos, los cuales pueden conllevar a riesgos potencialmente catastróficos. Hasta el momento no se ha realizado este tipo de análisis para el país, los cuales servirían como insumos para establecer planes de contingencia.
Objetivo	Realizar un análisis exploratorio de vulnerabilidad y riesgos potencialmente catastróficos.
Descripción	Mediante un proceso de consulta y talleres con los actores del sector y de la gestión de riesgos, se procura identificar las amenazas, vulnerabilidades y riesgos catastróficos para el sector energético uruguayo y definir una hoja de ruta para su abordaje, de forma de contribuir a la elaboración de planes de contingencia.
Acciones	- Implementar un proceso de consulta para identificar y sintetizar escenarios climáticos potencialmente catastróficos para el país proponer una estrategia para su abordaje - Realizar un Informe de Síntesis.
Entidad Responsable	Comité de Dirección NAP-E.
Otras entidades	Dirección Nacional de Emergencias del SINAE, Academia, empresas del sector energético.
Financiamiento	Requeriría consultoría para implementar la metodología de consulta y la síntesis de los aprendizajes.
Sensibilidad al género	Potencialmente responsiva.
Verificación	Informe de síntesis publicado.

Medida 11

Nombre de la Medida	**Realizar una evaluación de los costos de "no adaptación" para facilitar los análisis de costo-beneficio.**
Línea de Acción	Gestión de información y generación de conocimiento.
Brecha identificada	Los altos niveles de incertidumbre, en parte, por la complejidad de realizar estimaciones sobre los impactos climáticos al sector energético, dificultan la realización de análisis costo-beneficio y la evaluación de la efectividad de las medidas de adaptación y el diálogo con tomadores de decisión. No existe una estimación de los costos de "no adaptación" y el último documento de este tipo realizado para el país, publicado por CEPAL (2010), fue sobre la economía en su conjunto y previo a la transición del sector eléctrico.
Objetivo	Disponer de estimaciones del costo de "no adaptarse" que facilite la comunicación de la línea de base de los impactos del cambio climático en el sector y la evaluación de medidas de adaptación
Descripción	La planificación de la adaptación requiere de información adecuada para la definición de medidas. Contar con una línea de base sobre el costo de "no adaptarse" que considere los diversos escenarios climáticos y las distintas cadenas de valor energéticas, facilitaría la evaluación de medidas efectivas de adaptación, así como el diálogo con tomadores de decisión y otras partes interesadas.
Acciones	- Realizar un estudio para el país que estime el costo de "no adaptarse" en el sector energía.
Entidad Responsable	Comité de Dirección NAP-E.
Otras entidades	MEF, MA, OPP.
Financiamiento	Requiere una consultoría experta.
Sensibilidad al género	Sensible.
Verificación	Informe sobre el costo de "no adaptarse" publicado.

Medida 12

Nombre	**Plan de género del NAP-E.**
Línea de Acción	Reducción de vulnerabilidades del sector energético.
Brecha identificada	Las medidas del NAP-E propuestas requieren del análisis de la sensibilidad al género y la definición de los mecanismos para incorporar la perspectiva de género.
Objetivo	Incorporar la perspectiva de género en las medidas del NAP-E y establecer un plan de acción para asegurar su integración.
Descripción	La medida procura asegurar que el NAP-E incorpora la perspectiva de género y que sus medidas contribuyen a cerrar las brechas de género en el sector energía. Esto implica el análisis el análisis y adecuada clasificación de la sensibilidad al género de las medidas propuestas en el NAP-E y definir las acciones para asegurar que las medidas permitan generar información y promover acciones para una mayor equidad de género. En términos generales, se esperan el desarrollo de indicadores, la consideración en la conformación de equipo equitativos, el acceso equitativo a capacitaciones e información o el análisis de los impactos del cambio climático en el sector energía con perspectiva de género.
Acciones	- Revisar la categorización preliminar de sensibilidad al género de las medidas propuestas en la fase I - Elaboración de un Plan de género del NAP-E, que permita la incorporación de la perspectiva de género en el proceso de implementación del NAP-E, con el fin de que contribuya a la reducción de las brechas de género.
Entidad Responsable	Comité de Dirección NAP-E.
Otras entidades	MA-DINACC.
Financiamiento	Podría requerirse una consultoría.
Sensibilidad al género	Responsiva.
Verificación	Plan de género elaborado y en implementación.

Medida 13

Nombre	**Crear capacidades en el diseño y seguimiento de indicadores de resiliencia y capacidad adaptativa**
Línea de Acción	Monitoreo, evaluación y aprendizaje.
Brecha identificada	El plan de adaptación requiere definir una serie de indicadores que permitan gestionar la vulnerabilidad climática y sus desvíos y existe la necesidad de profundizar en capacidades asociadas a indicadores de resiliencia y capacidad adaptativa.
Objetivo	Crear capacidades en el país sobre gestión e indicadores de capacidad adaptativa.
Descripción	Desarrollar un proceso de fortalecimiento de capacidades sobre indicadores de resiliencia y capacidad adaptativa, para una audiencia amplia de los organismos públicos relevantes y un informe de recomendaciones para la incorporación de los mismos.
Acciones	- Implementar instancias de capacitación / co-creación sobre indicadores de resiliencia y capacidad adaptativa - Desarrollar un informe de recomendaciones para la incorporación de indicadores.
Entidad Responsable	MIEM.
Otras entidades	MA, SNRCC.
Financiamiento	Requiere una consultoría para preparar y facilitar la capacitación y el informe de recomendaciones.
Sensibilidad al género	Potencialmente responsiva.
Verificación	Capacitaciones realizadas, informe publicado.

Medida 14

Nombre	**Desarrollo e implementación de los indicadores del sistema de monitoreo, evaluación y aprendizaje (MEL).**
Línea de Acción	Monitoreo, evaluación y aprendizaje.
Brecha identificada	El plan de adaptación requiere definir el MEL y una serie de indicadores que permitan gestionar la adaptación al cambio climático y sus desvíos. El NAP-E define el marco para el desarrollo de indicadores, pero deben aún definirse los mismos y fortalecer las capacidades para para establecer un MEL efectivo.
Objetivo	Implementar los indicadores del MEL para realizar un seguimiento adecuado de la adaptación del sector energético y sus desvíos.
Descripción	El sistema MEL requiere de monitorear indicadores y disponer de datos que no siempre son generados por el MIEM, sino que deben solicitarse a diferentes instituciones y empresas. La medida procura que se definan adecuadamente los indicadores en las cuatro capas definidas (Desempeño, monitoreo de amenazas, capacidad adaptativa, gestión) y que se asegure el adecuado flujo de información. El proceso y resultados de la medida nº13 serán también insumos para el set de indicadores.
Acciones	- Definición de los indicadores a monitorear y de los datos de base necesarios para su cálculo. - Definición de los mecanismos de flujo de información para alimentar el sistema MEL, en coordinación con otros actores - Definición de brechas de datos e información y una estrategia de cierre de las mismas.
Entidad Responsable	Comité de Dirección NAP-E.
Otras entidades	MA-DINACC.
Financiamiento	Se esperaría realizar con recursos propios.
Sensibilidad al género	Potencialmente responsiva.
Verificación	Protocolos de Indicadores del MEL desarrollados y en implementación.

Anexo II

Resultados de los talleres de identificación de riesgos en infraestructuras

En el marco del Plan, se realizaron distintas instancias de interacción con los actores que fueron clave para recibir y producir insumos. Se llevaron a cabo reuniones bilaterales con técnicos de diversas organizaciones relevantes para consolidar un enfoque integral, así como talleres en el marco de la metodología de decisiones robustas. Entre estas organizaciones se encuentran ADME, ALUR, ANCAP, AUDER, AUGPEE, la Comisión Técnica Mixta de Salto Grande, la Dirección General Forestal (DGF) del Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca (MGAP), la Dirección Nacional de Aguas (DINAGUA), la Dirección Nacional de Cambio Climático (DINACC) del Ministerio de Ambiente (MA), la Dirección Nacional de Emergencias del Sistema Nacional de Emergencias (SINAE), la Dirección Nacional de Energía (DNE) del MIEM, la Facultad de Ciencias (FCIEN) y la Facultad de Ingeniería (FING) de la UDELAR, el Sistema Nacional de Respuesta al Cambio Climático (SNRCC), el Instituto Nacional de Meteorología (INUMET), la Oficina de Planeamiento y Presupuesto (OPP), los Programas Nacionales de Adaptación (PNA) en Agro, Ciudades y Costas, la Unidad Reguladora de Servicios de Energía y Agua (URSEA) y UTE.

En la última etapa, se realizaron dos talleres del área eléctrica y dos talleres del área hidrocarburos con participación de técnicos de UTE, ANCAP, MA-DINACC, URSEA y OPP. Durante estos talleres, entre otras cosas, se trabajó sobre las matrices de riesgos para la infraestructura energética y se discutieron diversas alternativas para mitigar sus potenciales impactos. Estas actividades permitieron realizar una evaluación detallada de los riesgos asociados y la identificación de estrategias específicas para aumentar la resiliencia del sector energético.

Matrices de riesgos a la infraestructura

A continuación, se presentan los resultados de los talleres realizados sobre riesgos climáticos de la infraestructura energética, tanto para el sector eléctrico como para el de combustibles. Las figuras 20 y 21 representan las matrices que se construyeron con especialistas del sector, con valoraciones cualitativas. El ejercicio consistió en clasificar los riesgos por el potencial impacto y la probabilidad de ocurrencia de las amenazas climáticas para las infraestructuras del sector.

Leyenda:

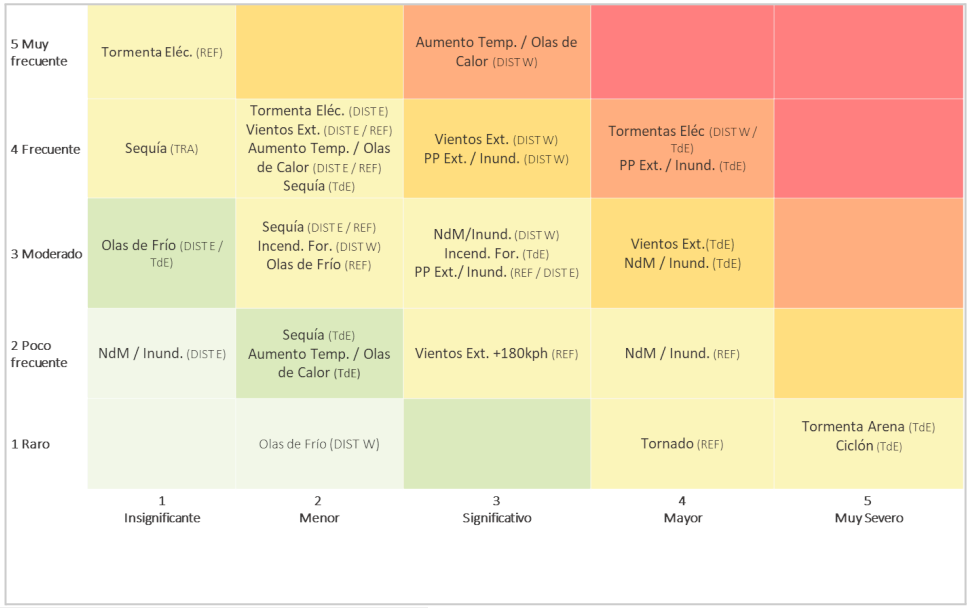
Incendios F.: Incendios forestales
PP Ext./Inund.: Precipitaciones extremas / Inundaciones
Vientos Ext.: Vientos extremos
NdM/Inund.: Nivel del Mar / Inundaciones
Aumento Temp.: Aumento Temperatura Media
Tormenta Eléc.: Tormenta eléctrica
HIDRO: Hidroeléctrica
GEN TER: Generación térmica
EOL: Eólica
PV: Fotovoltaica
TRA: Transmisión
DIST: Distribución

Amenaza	PV	EOL	HIDRO	GEN TER	TRA	DIST
Vientos Extremos		Extremo	Medio	Bajo	Extremo	Extremo
Aumento Temp / Olas de Calor	Medio		Medio	Alto	Extremo	Extremo
Precipitaciones Extremas / Inundaciones		Medio	Alto	Muy Alto	Medio	Extremo
Tormenta Eléctrica		Muy Alto		Medio	Extremo	Muy Alto
Sequía			Extremo	Medio	Medio	Medio
Aumento Nivel del Mar / Inundaciones				Muy Alto	Medio	Muy Alto
Olas de Frío					Alto	Alto
Granizo	Muy Alto	Medio				
Incendios Forestales					Medio	Muy Alto
Alternancia Sequías / Aportes Extremos			Medio			
Temperatura Agua (RP)				Medio		
Aumento Nubosidad	Medio					

Leyenda:

Temperatura Agua (RP): Temperatura Agua Río de la Plata
PV: Solar fotovoltaica
EOL: Eólica
HIDRO: Hidroeléctrica
GEN TER: Generación Térmica
TRA: Transmisión
DIST: Distribución

Figura 20 Matrices de riesgo a la infraestructura resultante de los talleres de consulta con el sector eléctrico. Fuente: Elaboración propia en base a resultados de talleres.



Leyenda:

Tormenta Eléc.: Tormenta Eléctrica
NdM / Inund.: Nivel del Mar / Inundaciones
Vientos Ext.: Vientos extremos
Aumento Temp.: Aumento de temperatura media
Incend. For.: Incendios forestales
PP Ext. / Inund.: Precipitaciones extremas / inundaciones

Amenaza	DIST (Tda. Dzn TT)	REF	DIST (PY JL)	TdE
Tormenta Eléctrica	Medio	Medio	Muy Alto	Muy Alto
Precipitaciones Extremas / Inundaciones	Medio	Medio	Alto	Muy Alto
Vientos Extremos	Medio	Medio	Alto	Alto
Aumento Temp / Olas de Calor	Medio	Medio	Muy Alto	Bajo
Sequía	Medio	Medio	Bajo	Medio
Aumento Nivel del Mar / Inundaciones	Muy Bajo	Medio	Medio	Alto
Incendios Forestales	Medio		Medio	Medio
Olas de Frío	Bajo	Medio	Muy Bajo	Bajo
Vientos Extremos (ciclón / tornado)		Medio		Medio
Tormenta de Arena				Medio

Leyenda:

REF: Refinería de La Teja
TdE: Terminal del Este
DIST E: Distribución zona este (Tablada, Durazno y Treinta y Tres)
DIST W: Distribución zona oeste (Juan Lacaze + Paysandú)

TdE: Terminal del Este
REF: Refinería de La Teja
DIST (Tda. Dzn TT): Distribución - Tablada, Durazno y Treinta y Tres
DIST (PY JL): Distribución - Paysandú y Juan Lacaze

Figura 21 Matrices de riesgo a la infraestructura resultante de los talleres de consulta con el sector combustibles.

Fuente: Elaboración propia en base a resultados de talleres.

Referencias bibliográficas

ADME (2022). *Informe Anual.* Disponible en:
https://adme.com.uy/db-docs/Docs_secciones/nid_526/Informe_Anual_2022.pdf

AUGPEE (2023). *Costo de Abastecimiento de la Demanda (CAD) bajo escenario fáctico y contrafáctico.* Disponible en:
https://augpee.org.uy/wp-content/uploads/2023/04/Informe-observatorio-de-Energ%C3%ADa-y-Desarrollo--AUGPEE.pdf

BEN (2022). *Balance Energético Nacional*. Ministerio de Industria, Energía y Minería. Disponible en: https://ben.miem.gub.uy/descargas/1balance/1-1-Libro-BEN2022.pdf

Banco Mundial (2016). *Energy, Economic Growth, and Poverty Reduction. A literature review*. Disponible en:
https://documents1.worldbank.org/curated/en/312441468197382126/pdf/104866-v1-REVISED-PUBLIC-Main-report.pdf

Banco Mundial (2023). *Evaluación del Impacto del Cambio Climático en la Generación Eléctrica en los Países del Cono Sur: Informe Final*. Disponible en:
https://documents.worldbank.org/en/publication/documents-reports/documentdetail/099706209062333677/idu02f576bf50b31a040ac0a59e0e05e1eb3cffa

Barreiro, Arizmendi y Trinchín (2019). *Variabilidad observada del clima en Uruguay.* Disponible en: https://www.ambiente.gub.uy/oan/documentos/Producto-2.pdf

Barreiro, Arizmendi y Trinchín (2019). *Variabilidad y cambio climático en Uruguay. Material de capacitación dirigido a Técnicos de Instituciones Nacionales*. Disponible en:
https://www.gub.uy/ministerio-ambiente/sites/ministerio-ambiente/files/2020-08/Variabilidad%20y%20cambio%20clim%C3%A1tico%20en%20Uruguay.%20Material%20de%20capacitaci%C3%B3n%20dirigido%20a%20T%C3%A9cnicos%20de%20Instituciones%20Nacionales_0.pdf

Barreiro, Arizmendi, Díaz y Trinchín (2021). *Análisis del clima y escenarios de cambio y variabilidad climática en Uruguay*. Disponible en:
https://www.gub.uy/ministerio-ambiente/sites/ministerio-ambiente/files/documentos/publicaciones/FCIEN_An%C3%A1lisis%20del%20clima%20y%20escenarios%20de%20cambio%20y%20variabilidad%20clim%C3%A1tica%20en%20Uruguay.pdf

Barreiro y Renom (2023). *Sequía 2020-2023 – Análisis y perspectivas para el suroeste de Uruguay.* Disponible en: https://www.fcien.edu.uy/images/2023/noticias/Sequia2023_DCAFO.pdf

Bartos, Chester, Johnson, Gorman, Eisenberg, Bates (2016). *Impacts of rising air temperatures on electric transmission ampacity and peak electricity load in the United States*. Journal: Environmental Research Letters.

Carril, Andrea F., et al. (2016). *Extreme events in the La Plata basin: a retrospective analysis of what we have learned during CLARIS-LPB project.* Climate Research 68.2-3, 95-116.

CDN1 (2017). *Primera Contribución Determinada a Nivel Nacional*. Ministerio de Ambiente del Uruguay. Disponible en:
https://www.gub.uy/ministerio-ambiente/politicas-y-gestion/primera-contribucion-determinada-nivel-nacional

CDN2 (2022). *Segunda Contribución Determinada a Nivel Nacional.* Ministerio de Ambienta del Uruguay. Disponible en:
https://www.gub.uy/ministerio-ambiente/comunicacion/noticias/uruguay-presento-su-segunda-contribucion-determinada-nivel-nacional

CMNUCC (2023). *Monitoring and evaluation of adaptation at the national and subnational levels: Technical paper by the Adaptation Committee.* Disponible en:
https://unfccc.int/sites/default/files/resource/AC_TechnicalPaper_AdaptationMandE_2023.pdf

Coffel, Ethan y Mankin, Justin (2021). *Thermal power generation is disadvantaged in a warming world*. Environmental Research Letters, Volume 16, Number 2.

Durañona V., A. Guggeri, S. Orteli (2016): *Avancos na caracterizacao dos eventos de vento forte no Uruguai*. Ciencia e Natura 38, pp 129-136.

Durañona, V., Marchesoni, E., Sallés, R. (2019). *A first characterization of high winds that affect the energy distribution system of Uruguay and their related effects.* Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics. Volume 184, January 2019, Pages 128-138

ECLP (2021). *Estrategia Climática de Largo Plazo, Uruguay*. Ministerio Ambiente del Uruguay. Disponible en: https://www.gub.uy/ministerio-ambiente/estrategia-largo-plazo-uruguay

EGCC (2019). *Estrategia de Género y Cambio Climático*. Disponible en:
https://www.gub.uy/ministerio-ambiente/politicas-y-gestion/genero-cambio-climatico-uruguay

IH Cantabria. (2019). Proyecciones de cambio climático del oleaje y residuo del nivel del mar en Uruguay. Documento preparatorio de NAP-Costas. Disponible en:
https://www.ambiente.gub.uy/oan/documentos/Proyecciones-de-cambio-clim%C3%A1tico-del-oleaje-y-residuo-del-nivel-del-mar-en-Uruguay.pdf

INE. (2023). Resultados preliminares del censo 2023. Disponible en: https://www.gub.uy/instituto-nacional-estadistica/comunicacion/noticias/poblacion-preliminar-3444263-habitantes

IPCC (2014): Summary for policymakers. In: Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Field, C.B., V.R. Barros, D.J. Dokken, K.J. Mach, M.D. Mastrandrea, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. MacCracken, P.R. Mastrandrea, and L.L.White (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, pp. 1-32.

IPCC (2019). Annex I: Glossary [Weyer, N.M. (ed.)]. In: IPCC Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate [H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, V. Masson-Delmotte, P. Zhai, M. Tignor, E. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Nicolai, A. Okem, J. Petzold, B. Rama, N.M. Weyer (eds.)]. In Press

IPCC (2021). Seneviratne, S.I., X. Zhang, M. Adnan, W. Badi, C. Dereczynski, A. Di Luca, S. Ghosh, I. Iskandar, J. Kossin, S. Lewis, F. Otto, I. Pinto, M. Satoh, S.M. Vicente-Serrano, M. Wehner, and B. Zhou, 2021: *Weather and Climate Extreme Events in a Changing Climate. In Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S.L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M.I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T.K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu, and B. Zhou (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, pp. 1513–1766. Disponible en: https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/chapter/chapter-11/

Kondrateva, O., Myasnikova, E. y Loktionov, O. (2020). *Analysis of the Climatic Factors Influence on the Overhead Transmission Lines Reliability*. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/348375510_Analysis_of_the_Climatic_Factors_Influence_on_the_Overhead_Transmission_Lines_Reliability

MIEM. (2020). *Informe n°1 "Sistematización de antecedentes sobre adaptación al cambio climático – vulnerabilidades, medidas de adaptación y necesidades de información"*. Disponible en: https://www.gub.uy/ministerio-ambiente/sites/ministerio-ambiente/files/2020-12/Informe%201%20-%20Sistematizaci%C3%B3n%20Antecedentes%20NAP-E_compressed_0.pdf

UCU (2024). Observatorio de Energía y Desarrollo Sostenible, UCUDAL. Monitor de Energía Eléctrica, varias ediciones 2023-2024. Disponible en: https://www.ucu.edu.uy/Institucionales/MONITOR-MENSUAL-DEL-SECTOR-ELECTRICO-uc1481

OMS (2015). Heatwaves and health: guidance on warning-system development. Disponible en: https://www.who.int/publications/m/item/heatwaves-and-health--guidance-on-warning-system-development

Penmetsa, V. and Holbert K.E. (2020). "Climate Change Effects on Thermal Power Generation and Projected Losses in Generation and Income in the U.S. for the Period 2020–2050", *2020 52nd North American Power Symposium (NAPS)*, Tempe, AZ, USA, 2021, pp. 1-6, doi: 10.1109/NAPS50074.2021.9449688.

PNA-Agro. (2019). *Plan nacional de adaptación a la variabilidad y al cambio climático en el sector Agroprecuario*. Disponible en: https://www.undp.org/es/uruguay/publicaciones/plan-nacional-de-adaptacion-la-variabilidad-y-el-cambio-climatico-para-el-sector-agropecuario-pna-agro#:~:text=El%20Plan%20Nacional%20de%20Adaptaci%C3%B3n,%2C%20ambiental%2C%20social%20e%20institucional.

PNA-Costas. (2021). *Plan Nacional de Adaptación Costera.* Disponible en: https://www.gub.uy/ministerio-ambiente/plan-nacional-adaptaci%C3%B3n-zona-costera

PNA-Ciudades. (2021). *Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático en ciudades e infraestructuras.* Disponible en: https://www.gub.uy/ministerio-ambiente/politicas-y-gestion/planes/plan-nacional-adaptacion-cambio-climatico-ciudades-infraestructuras-nap-ciudades

PNCC (2017). *Política Nacional de Cambio Climático*. Ministerio Ambiente del Uruguay. Disponible en: https://www.gub.uy/ministerio-ambiente/sites/ministerio-ambiente/files/documentos/publicaciones/Politica_CC_1.pdf

PNUD (2024). *Human Development Report 2023/2024. Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo*. Disponible en: https://hdr.undp.org/content/human-development-report-2023-24

Reyes Álvarez, A., Amigo Jorquera, C., y Contreras Lisperguer, R. (coords.). (2023). *"Pobreza energética en el Uruguay: diagnóstico de brechas en el acceso equitativo a energía de calidad*", Documentos de Proyectos (LC/TS.2023/18), Santiago, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), 2023. Disponible en: https://www.cepal.org/es/publicaciones/48767-pobreza-energetica-uruguay-diagnostico-brechas-acceso-equitativo-energia-calidad

Ritchie, Hannah (2020). "*Sector by sector: where do global greenhouse gas emissions come from?*". Published online at OurWorldInData.org. Disponible en:
https://ourworldindata.org/ghg-emissions-by-sector

SEG. (2023). Indicadores Energéticos. Edición Nº 186. Diciembre 2023. Disponible en:
https://www.segingenieria.com/wp-content/uploads/2024/01/Indicadores-Energ%C3%A9ticos_2312.pdf

Yang, S., Zhou, W., Zhu, S., Wang, L., Ye, L., XIA, X., Li, H. (2017). *Failure probability estimation of overhead transmission lines considering the spatial and temporal variation in severe weather*. Disponible en:
https://www.researchgate.net/publication/323685288_Failure_probability_estimation_of_overhead_transmission_lines_considering_the_spatial_and_temporal_variation_in_severe_weather

Plan Nacional de Adaptación a la Variabilidad y al Cambio Climático

Sector Energía

Uruguay

NAP-E

Julio, 2024