



ENERGY PARTNERSHIP
CHILE-ALEMANIA



Fomentado por:



Ministerio Federal
de Economía
y Protección del Clima

en virtud de una decisión
del Bundestag alemán

Análisis de Infraestructura resiliente a la crisis climática para el sector energético

Resumen ejecutivo



IMPRINT

Este estudio fue llevado a cabo por el Centro de Energía de la Universidad de Chile en el marco de la Energy Partnership Chile-Alemania.

Los cooperantes principales son el Ministerio Federal de Economía y Protección del Clima de Alemania (BMWK) y el Ministerio de Energía de Chile, junto con numerosas instituciones afiliadas. La GIZ es el cuerpo ejecutor de la alianza.

Comisionado y publicado por:

Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

Con sedes en Bonn y Eschborn, Alemania

Proyecto:

Energy Partnership Chile-Alemania

Contacto:

Energy Partnership Chile - Alemania

c/o Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH
Marchant Pereira 150, 7500523 Santiago de Chile

✉ energyclde@giz.de

☎ +56 22 30 68 600

Jefa de proyecto:

Daina Neddemeyer
Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

Registro de Propiedad Intelectual Inscripción, ISBN: 978-956-8066-56-7. Primera edición digital: octubre 2023

Cita:

Título: Análisis de infraestructura resiliente a la crisis climática para el sector energético
Autores: Centro de Energía de la Universidad de Chile: Rodrigo Palma, Rigoberto Torres, Carlos Benavides, Manuel Díaz, Sebastian Gwinner, Vicente Sepúlveda.
Revisión y Modificación: Daina Neddemeyer, Patricio Bastias Ortiz, Bárbara Neira Espinoza, Michael Schmidt.
Edición: Patricio Bastias Ortiz, Bárbara Neira Espinoza.
Santiago de Chile, 2023.
212 páginas
Resumen: Análisis del estado actual de resiliencia climática en la política pública, legislación y normativas del sector energético eléctrico y combustibles, recomendación de acciones para avanzar en resiliencia climática y propuesta de guía metodológica para incorporar la resiliencia climática en la formulación de proyectos del sector energético.

Autores:

Rodrigo Palma, Rigoberto Torres, Carlos Benavides, Manuel Díaz, Sebastian Gwinner, Vicente Sepúlveda

Coordinación:

Energypartnership Chile - Alemania, GIZ Chile

Publicado en:

Santiago de Chile, pdf por Energy Partnership Chile-Alemania

Diseño :

Fotografía e ilustraciones :

© ABCDstock / Shutterstock.com

Versión:

1ra edición, Berlín y Santiago de Chile,
Octubre 2023

GIZ es responsable por el contenido de esta publicación.

En representación del Ministerio Federal de Economía y Protección del Clima de Alemania (BMWK).

1 Resumen ejecutivo

Los efectos de la crisis climática (CC) en Chile ya se han hecho sentir. La evolución del clima que proyecta la ciencia indica que éstos se profundizarán, en mayor o menor medida, dependiendo del escenario de calentamiento global supuesto. Estos efectos incluyen cambios en los patrones climáticos regionales con incremento de temperaturas promedio, de sequías y de eventos climáticos extremos que también se incrementan en intensidad y frecuencia. En este contexto, la adaptación se enfoca a los ajustes a estos nuevos patrones esperados, mientras que la resiliencia se orienta a reforzar la capacidad de los sistemas para resistir y recuperarse de eventos extremos.

El presente estudio busca aportar un análisis del estado actual de preparación de la infraestructura energética estratégica nacional desde el punto de vista de la resiliencia climática. En éste, se ha sistematizado y sintetizado información nacional e internacional sobre la temática permitiendo un diagnóstico, el cual es complementado con el resultado de entrevistas a actores de la industria para discutir y capturar la visión existente en cada sector. Sobre esta base, se establecen recomendaciones centradas en los siguientes ámbitos: perfeccionamiento de la regulación nacional, pilotos demostrativos, propuesta de metas sectoriales y propuesta de guía metodológica para adaptación y resiliencia de proyectos energéticos. En los siguientes párrafos se exponen algunos temas a destacar.

El concepto de resiliencia climática se establece en la Ley N° 21.455 o Ley Marco de Cambio Climático (LMCC), promulgada en junio de 2022. En su artículo 3° lo define como la *"capacidad de un sistema o sus componentes para anticipar, absorber, adaptarse o recuperarse de los efectos adversos del cambio climático, manteniendo su función esencial, conservando al mismo tiempo la capacidad de adaptación, aprendizaje y transformación"*. Esta definición es similar en su esencia al que establecen organismos internacionales. En particular el IEEE (*Institute of Electric and Electronic Engineers*), en su grupo de trabajo sobre resiliencia de sistemas eléctricos de potencia (SEP), enfatiza también la naturaleza dinámica de la resiliencia abarcando la prevención antes del evento, las medidas correctivas y coordinación de emergencia durante el evento, la restauración hacia el final del evento y la adaptación posterior éste. Análogamente, en la resiliencia son aplicables todos los conceptos de análisis de riesgo, que abarca la intersección entre vulnerabilidad, exposición y peligros. La analogía entre los conceptos de resiliencia y confiabilidad de SEP permiten aprovechar las décadas de conocimientos y metodologías desarrolladas para el sector eléctrico. Es más, la misma idea de adaptación al CC, en el contexto de suministro energético, se asemeja al problema de suficiencia de SEP y, la de resiliencia, al de seguridad.

Los sistemas energéticos son sistemas dinámicos, complejos e interrelacionados, que integran múltiples componentes individuales para proveer un servicio esencial. De esta manera, los conceptos de riesgo y resiliencia pueden ser aplicados tanto a los componentes individuales como al sistema o a subconjuntos de éste. Así, los esfuerzos de análisis y mejoramiento deben enfocarse en todos.

En la revisión nacional se analizaron y sintetizaron todos los documentos de agendas, planes y políticas comprometidas, con síntesis enfocadas en objetivos y metas relacionados directa o indirectamente con resiliencia del sector energético. Al respecto, queda como interrogante general el seguimiento de la implementación y evaluación de las respectivas acciones y

medidas propuestas en cada uno de ellos. Algunos temas destacados no cubiertos identificados en la revisión son: los conflictos entre objetivos de eficiencia económica y resiliencia, la eventual pérdida de diversidad de suministro energético que induce la electrificación; la interrelación y coordinación público-privado entre sectores como la infraestructura civil y obras públicas, el financiero y de seguros; la respuesta de emergencias y mejoramiento de los tiempos de recuperación; y las necesidades de información y herramientas para análisis de riesgo a nivel local. Asimismo, actores de la industria destacan la menor atención que ha tenido la adaptación al CC respecto de otros temas como la misma mitigación.

En julio de 2023 ingresa al congreso el proyecto de Ley de Transición Energética, cuyo objetivo central planteado es que el segmento de transmisión sea habilitante de la transición, buscando actualizar el marco del sector eléctrico a las disposiciones de la LMCC. Este proyecto, si bien promueve la resiliencia climática en la planificación energética en algunas formas, no la tiene por objetivo central, por ejemplo, cautelando la coherencia del sector con otros sectores de la economía en relación con adaptación y escenarios de CC, o incluso dentro del mismo sector eléctrico como, por ejemplo, las obligaciones de los coordinados respecto de adaptación y resiliencia.

Un tema relevante del CC es que el futuro climático ya no se parecerá al pasado registrado en las estadísticas históricas que, entre otros, se usan para tarifación eléctrica, por ejemplo, de la suficiencia y sus pagos, o en la planificación del sistema en todas sus formas. Por otro lado, las proyecciones y escenarios de CC permiten anticipar y prepararse para el futuro, luego es preciso analizar en profundidad y determinar cómo se aplicaría el concepto de fuerza mayor (o caso fortuito) en situaciones de desastres previsibles. Ejemplo de ello es la disposición de la ley eléctrica que, en su Artículo 164º, establece que una sequía no constituye fuerza mayor en situaciones de racionamiento. También la aplicación de este concepto por parte del fiscalizador en transmisión y distribución no ha estado exenta de polémicas y casos en tribunales.

Tanto estudios como opiniones de actores coinciden en que el suministro y logística de combustibles es frágil actualmente y con tendencia a empeorar por efecto del CC. Son conocidos los incrementos de los tiempos fuera de servicio para carga/descarga de combustibles de los puertos nacionales como consecuencia de marejadas y vientos. Por su parte, proyectos de ampliaciones o nuevas infraestructuras de almacenamiento de combustibles fósiles, al igual que ductos de transporte que servirían como medidas para aumentar la resiliencia en la distribución, enfrentan una fuerte oposición ciudadana que impide su desarrollo. Aunado a eso, se tiene una industria que mira su futuro como tendiente a la desaparición, inhibiendo esfuerzos de inversión.

Por el lado de la revisión internacional, se ha elaborado un catastro de países, basado en información de la Agencia Internacional de Energía, que incluye el grado de avance respectivo en adaptación y resiliencia. Entre lo descubierto destaca que, en general, los países más avanzados en implementación de medidas son aquellos que están expuestos a un impacto negativo menor por el CC. En específico se determinó ahondar en las reglamentaciones de Japón, Reino Unido, Estados Unidos (California) y Alemania. La revisión se resume en un listado de implementaciones destacables que podrían enriquecer la discusión nacional. Entre ellas:

- Exigencias a las empresas eléctricas y de gas de desarrollar planes de adaptación y resiliencia.
- Condicionamiento del desarrollo y diseño de nueva infraestructura, justificando su pertinencia en zonas de mayor vulnerabilidad a impactos del cambio climático.
- Desarrollo de procesos participativos con las comunidades más vulnerables.
- Existencia de fondos de financiamiento para mejorar la resiliencia de la infraestructura energética.
- Definición de los escenarios climáticos a considerar en los análisis de vulnerabilidad de manera estandarizada.
- Altos estándares de protección de infraestructura energética frente a eventos adversos de la naturaleza en emplazamientos costeros y marítimos.
- Robustecimiento de las reservas estratégicas de combustibles.
- Desarrollo de recursos distribuidos y microrredes.

En lo reglamentario, se han sistematizado y revisado los cuerpos legales que deberían ser ajustados, en mayor o menor grado, para adecuarse a los objetivos de adaptación y resiliencia de la política energética. Aprovechando la similitud con la confiabilidad, se identifican 21 artículos en la ley eléctrica en los que podrían incluirse los conceptos de adaptación y resiliencia al CC, ya sea explícita o indirectamente asimilándolo al de confiabilidad. En el mismo tenor deberían adecuarse 26 reglamentos, entre los que destacan los de potencia de suficiencia y coordinación, y 12 normas técnicas. Aquellos que sí integran actualmente el concepto de resiliencia son los reglamentos de la planificación energética de largo plazo y el de planificación de la transmisión. No obstante, resalta la carencia de detalle y precisión metodológica existente para efectos de su aplicación concreta, encontrándose interpretaciones distintas entre entidades que deben aplicarla y confusión en el resto de la industria. A este respecto, se recomienda explotar la aplicabilidad de los marcos metodológicos de los análisis de confiabilidad de sistemas eléctricos, como los análisis de contingencias y criterios probabilísticos/determinísticos. Asimismo, reforzar a nivel legal la necesidad de incorporar la adaptación y resiliencia al CC como parte de las obligaciones de los coordinados.

En lo relativo al sector combustibles, con excepción de las obligaciones de almacenamiento, el marco legal se centra en seguridad de las personas y las cosas. Por ello, sin pasar por una reformulación de la industria, la recomendación es incrementar los niveles de almacenamiento y cautelar su implementación tanto a nivel zonal como local. Adicionalmente, las acciones del estado pueden implementarse a través de las políticas de ENAP (Empresa Nacional del Petróleo) y de las concesiones portuarias para fomentar obras de abrigo que reduzcan la vulnerabilidad a marejadas.

También se presenta la revisión de seis experiencias internacionales de infraestructura resiliente. En este caso, no ha sido sencilla la identificación de experiencias reales, en particular de soluciones basadas en la naturaleza (SBN) aplicada al sector energético. Entre estas se pueden mencionar obras de protección a inundaciones en subestaciones eléctricas, estándares de diseño y en general gestión de activos considerando el CC (actualización de normas ISO), diversos tipos de obras de abrigo en puertos, sistemas de alerta temprana y, respecto de SBN, uso de forestación para proteger la rivera de embalses e infraestructura verde para enfrentar islas de calor urbanas.

Considerando lo revisado y analizado, en un contraste entre necesidades y costos, se plantean dos pilotos demostrativos para mejorar la resiliencia. Estos son: formación de islas de suministro eléctrico con pequeños medios de generación en distribución (PMGD), o islas con PMGD, y una obra de abrigo en puerto asociado a combustibles. Mientras la primera se considera un buen potencial de resiliencia de bajo costo, el segundo se considera como necesario si no se incrementa significativamente la capacidad de almacenamiento de combustibles. A partir de la revisión del catastro nacional de PMGD, se selecciona la localidad de Chonchi (subestación de igual nombre) como un alimentador con las relaciones de demanda y capacidad conectada de PMGD (centrales hidroeléctricas Dongo y Collil) que permitirían mínimos costos de implementación, permitiendo que el alimentador pueda ser suministrada por los PMGD cuando hay problemas de suministro desde el sistema interconectado. En el segundo caso, por su relevancia en la importación de combustibles al país, se analizan distintas formas de obras de abrigo en la bahía de Quinteros.

En el ámbito de una meta sectorial nacional enfocada en infraestructura resiliente y adaptación del sector energía, siguiendo la experiencia de California en USA, se propone: “todos los propietarios de infraestructura energética implementan su plan de adaptación y resiliencia al cambio climático antes del 2030”. La iniciativa consta seis actividades por etapas, incluyendo estudios de proyección de impactos climáticos con alta resolución espacial, plataformas de información y herramientas de apoyo al análisis de riesgo de una obra o infraestructura.

Finalmente se presenta una propuesta de guía de adaptación, inspirada en la experiencia de Reino Unido, para la evaluación de proyectos energéticos. La guía se plantea en lógica inversa al impacto ambiental, i.e., el impacto del ambiente, y en particular del clima, sobre el proyecto. La guía consta de seis pasos fundamentales como un proceso concurrente a la descripción de riesgos y elaboración de planes de contingencia y emergencia, basados en información de ubicación, función del proyecto, y de variables climáticas tanto históricas como proyectadas.

