

Informe sobre la evaluación de impacto de las PAMs relevantes en la NDC

Proyecto: “Desarrollo e institucionalización de un marco MRV y M&E para el seguimiento de las acciones de la NDC de El Salvador” Fase II

Enero 2026

DISCLAIMER

All rights reserved. No part of this publication may be reproduced, stored in a retrieval system or transmitted, in any form or by any means, electronic, photocopying, recording or otherwise, for commercial purposes without prior permission of El Salvador. Otherwise, material in this publication may be used, shared, copied, reproduced, printed and/or stored, provided that appropriate acknowledgement is given of El Salvador and ICAT as the source. In all cases the material may not be altered or otherwise modified without the express permission of the El Salvador.

PREPARED UNDER

The Initiative for Climate Action Transparency (ICAT), supported by Austria, Canada, Germany, Ireland, Italy, and the Children's Investment Fund Foundation.



Federal Ministry
for the Environment, Climate Action,
Nature Conservation and Nuclear Safety



INTERNATIONAL
CLIMATE
INITIATIVE



MINISTERO DELL'AMBIENTE
E DELLA SICUREZZA ENERGETICA



Federal Ministry
Republic of Austria
Climate Action, Environment,
Energy, Mobility,
Innovation and Technology



Environment and
Climate Change Canada

Environnement et
Changement climatique Canada



Rialtas na hÉireann
Government of Ireland



CHILDREN'S
INVESTMENT FUND
FOUNDATION



UNOPS

ICAT is hosted by the United Nations Office for Project Services (UNOPS)

Informe sobre la evaluación de impacto de las PAMs relevantes en la NDC

Initiative for Climate Action Transparency – ICAT

Deliverable #8

AUTHORS

Sara Cortez
Coordinadora Nacional de Proyecto y Especialista en Adaptación

Antonio Cañas
Especialista en Mitigación

Enero 2026

Contenido

ÍNDICE DE TABLAS	5
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	5
SIGLAS Y ACRÓNIMOS	6
OBJETIVOS	7
Objetivo General	7
Objetivos específicos	7
CONTEXTO DE LAS PAMs Y LA NDC 2021	8
Introducción	8
Proceso de identificación de PAMs relacionadas a la NDC 2021	10
APLICACIÓN DE LA GUÍA DE EVALUACIÓN DE ENERGÍAS RENOVABLES DE ICAT	11
Paso 1. Introducción, objetivos, pasos y descripción general de las políticas de energías renovables	12
Propósito y aplicación de la metodología	12
Objetivo de la evaluación de la Política Energética Nacional de El Salvador 2010-2024	13
Tipo de instrumento de política del sector energético	13
Enfoques de evaluación de impacto de GEI	13
Pasos de la evaluación ex post y principios.	13
Paso 2. Definición de la evaluación	14
Descripción de la PAM. Condiciones en las que opera y es efectiva.	14
Delimitación de la evaluación de la PAM	18
Tipo de evaluación a desarrollar	20
Identificación de impactos GEI: efectos intermedios y potenciales impactos GEI.	21
Desarrollo de la cadena causal	22
Definición de los límites de la evaluación	23
Definición del período de evaluación	23
Identificación de impactos en desarrollo sostenible.	23
Identificación de impactos en cambios transformacionales	24
Paso 3. Evaluación de impactos	24
Estimación o actualización de la línea base de emisiones	24
Estimación de la expansión de energías renovables y diversificación de la matriz eléctrica alcanzada	30
Estimación de los impactos GEI	31
Paso 4. Monitoreo y reporte	33
Identificación de indicadores clave de desempeño y parámetros para el monitoreo	33
Desarrollo de un plan de monitoreo	34
Monitoreo de los indicadores y parámetros en el tiempo	34
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	35

ANEXOS.	36
Anexo 1. Cálculos para la evaluación de la PEN 2010 -2024	36

Índice de tablas

Tabla 1. Listado inicial de políticas identificadas. Elaboración propia.	10
Tabla 2. Entrada en operaciones o expansión de plantas de energías renovables. Elaboración propia a partir de los boletines de estadísticas eléctricas de la SIGET.	18
Tabla 3. Checklist principal de información requerida para evaluación de la PAM. Elaboración propia a partir de la guía ICAT.	19
Tabla 4. Checklist de información adicional relevante para describir la PAM. Elaboración propia a partir de la guía ICAT.	20
Tabla 5. Definición de los límites de la evaluación de acuerdo a la guía ICAT. Elaboración propia.	23
Tabla 6. Tera Joules de combustibles utilizados en centrales eléctricas. Elaboración propia a partir de los Balances energéticos publicados por DGEHM.	25
Tabla 7. Factores de emisión de GEI utilizados para principales combustibles para generación eléctrica. Elaboración propia a partir del Quinto informe de evaluación del IPCC.	25
Tabla 8. Emisiones de GEI por combustibles en centrales eléctricas. Elaboración propia.	26
Tabla 9. Generación anual de electricidad (MWh) por tipo de fuente energética, período 2010- 2024. Elaboración propia a partir de los boletines de estadísticas eléctricas de SIGET.	26
Tabla 10. Factores de emisión de la red eléctrica nacional y fósil anuales para el período 2010 – 2023. Elaboración propia.	29
Tabla 11. Estimación de reducción de emisiones de GEI por expansión de energías renovables. Elaboración propia.	32
Tabla 12. Estimación de reducción de emisiones por diversificación de la matriz eléctrica por gas natural. Elaboración propia.	32
Tabla 13. Estimación total de reducción de emisiones de GEI como efecto de la PEN 2010 - 2024. Elaboración propia.	33
Índice de ilustraciones	

Ilustración 1. Principales pasos metodológicos para la evaluación de PAMs de acuerdo a la Guía ICAT para energías renovables. Elaboración propia a partir de la Guía ICAT.	12
Ilustración 2. Cadena causal de la PAM a evaluar. Elaboración propia.	22
Ilustración 3. MWh generados por tipo de energía - Evolución de la proporción de las fuentes de energía en la matriz de generación eléctrica, período 2010–2024. Elaboración propia a partir de los boletines de estadísticas eléctricas de SIGET.	27
Ilustración 4. Tera Joules consumidos por tipo de fuente. Elaboración propia con datos tomados de los balances energéticos publicados por la DGEHM.	28
Ilustración 5. Emisiones de GEI por tipo de combustible para la generación eléctrica del mercado mayoristas y factores de emisión para el período 2010 - 2023. Elaboración propia.	29
Ilustración 6. Expansión de energías renovables (MWh por tipo de fuente de energía) y diversificación de la matriz energética con gas natural. Elaboración propia a partir de los boletines de estadísticas	

eléctricas de la SIGET.

31

Siglas y Acrónimos

BTR	Reporte Bienal de Transparencia (por sus siglas en inglés)
CER	Reducciones Certificadas de emisiones (por sus siglas en inglés)
CNE	Consejo Nacional de Energía
DGEHM	Dirección General de Energía, Hidrocarburos y Minas
FERE	Factor de Emisión de la Red Eléctrica
GEI	Gases de Efecto Invernadero
ICAT	Iniciativa para la Transparencia en la Acción Climática (por sus siglas en inglés)
IPCC	Panel Intergubernamental de Cambio Climático (por sus siglas en inglés)
KPI	Indicadores Clave de Desempeño (por sus siglas en inglés)
MPG	Modalidades, procedimientos y directrices (por sus siglas en inglés)
MRV	Monitoreo, reporte y verificación
MW	Megawatts
MWh	Megawatts - hora
NDC	Contribuciones nacionalmente determinadas (por sus siglas en inglés)
PAM	Políticas, Acciones y Medidas
PEN	Política Energética Nacional
QA/QC	Aseguramiento de la calidad y control de calidad (por sus siglas en inglés)
RECATH	Centro Regional de Transparencia para la Acción Climática (por sus siglas en inglés)
TJ	Tera Joules
SIGET	Superintendencia General de Electricidad y Telecomunicaciones

Objetivos

Objetivo General

Desarrollar un ejercicio práctico de evaluación de Políticas, Acciones y Medidas (PAMs), de acuerdo al contexto institucional del país, utilizando la correspondiente Guía ICAT y en cumplimiento de las Modalidades, Procedimientos y Directrices (MPGs) del Acuerdo de París, de seguimiento de aquellas y fortalecer las capacidades institucionales para la evaluación de impactos y el seguimiento de PAMs a través del pilotaje del módulo correspondiente en la plataforma MRV.

Objetivos específicos

- Identificar y analizar la disponibilidad, calidad y fuentes de información existentes para la evaluación de PAMs, considerando los procedimientos establecidos en la Guía de ICAT para la Evaluación de Impactos en Gases de Efecto invernadero de las Políticas de Energía Renovable.
- Seleccionar una PAM y desarrollar, con fines demostrativos, la evaluación de su impacto en emisiones de GEI conforme a la Guía ICAT; ejercicio que proveerá de los insumos para realizar el pilotaje de la plataforma MRV en su módulo para la evaluación de PAMs y su ajuste y validación.

Contexto de las PAMs y la NDC 2021

Introducción

En apoyo al cumplimiento de los compromisos de mitigación establecidos en la NDC 2021, y atendiendo a los requerimientos establecidos en las MPG, se procedió a identificar políticas, acciones o medidas (PAMs) de desarrollo ejecutadas por el país que mayores efectos de mitigación pudieran presentar en las principales categorías de emisión de GEI observadas en el Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero (INGEI) y que contribuyeran al logro de las metas contempladas en la referidas NDC.

Así, el propósito de esta evaluación es determinar el impacto de una política nacional de mitigación en el marco de la NDC 2021, siguiendo para ello cada uno de los pasos metodológicos contemplados en las correspondientes guías de evaluación de impacto del ICAT,

Después de considerar las opciones de política que podrían ser objeto de evaluación dentro de las ejecutadas por las instituciones referentes durante la implementación de la NDC, las cuales se detallan más adelante, se identificó que la Política Energética Nacional (PEN) 2010 – 2024 implementada por la DGEHM, cumplía plenamente con los criterios de selección para evaluación contemplados de las MPG; particularmente, la primera de sus seis líneas estratégicas, denominada Diversificación de la matriz energética y fomento a las fuentes renovables de energía.

Además de ello, se constató que la DEGEHM y la Superintendencia General de Electricidad y Telecomunicaciones (SIGET), principales instituciones responsables de la gestión del sector de energía y electricidad en el país producen regularmente estadísticas o series históricas de datos indispensables para la evaluación de los impactos de la línea estratégica. Lo que no es el caso con otras de las políticas que fueron consideradas para evaluación.

Debe señalarse, no obstante, que en el país aún no está normada ni es práctica establecida la realización de evaluaciones ex – ante de sus PAMs, con lo que los ejercicios de evaluación de impactos de éstas se limitan a estimar sus logros con respecto a un escenario sin PAM. Consecuentemente, no se desarrollan proyecciones o escenarios de lo que se anticipa o espera lograr con ellas al momento de su aprobación.

En tales circunstancias, no se dispone de la información necesaria para realizar una evaluación completa de la referida línea estratégica de la PEN 2010 – 2024, tal como la que se describe en las guías especializadas, como es la Guía de ICAT para evaluación de políticas de energías renovables. Específicamente, en el caso de las PAMs que contribuyen al cumplimiento de la NDC 2021, no se podrá desarrollar evaluaciones con respecto a los resultados e impactos que pudieron esperarse al momento de iniciar la implementación de éstas.

Al revisarse los contenidos de la PEN, con objeto de identificar los parámetros requeridos para su evaluación, debe señalarse lo siguiente: no contempla información concreta de cantidad de mega watts de energías renovables que espera desarrollar, tampoco la composición o porcentajes de participación de tecnologías específicas a impulsarse ni montos estimados de inversión previstos; tampoco señala calendario o fechas perentorias que marquen los hitos de implementación de la política limitándose a proporcionar una estimación tentativa de la potencia adicional mínima que podría estar instalada entre los años 2015 y 2016.

Lo que la PEN presenta respecto a la línea estratégica en cuestión es un abanico de posibles fuentes de energía a desarrollar, incluyendo solar fotovoltaico, hídrica, geotérmica y gas natural, así como previsibles proyectos y capacidad a instalar con las referidas tecnologías. Capacidad o potencia a instalar que estima con base en las proyecciones de incrementos de demanda de electricidad contenidas en los

planes indicativos de expansión de la energía eléctrica del país, elaborados regularmente por la DGEHM (CNE, en su momento).

Si bien la PEN no establece compromisos firmes de expansión de la matriz eléctrica con fuentes alternativas, ni los momentos y cantidad específica en que esas energías iniciarían su aporte al sistema nacional de generación eléctrica, su potencial de implementación se basa, por un lado, en el mandato de ley y regulatorio que incentiva la inversión privada a través de procesos de licitación de contratos de largo plazo transferibles a tarifa supervisados por la SIGET, para garantizar al consumidor la cobertura de la demanda y estabilidad de precios.

Y, por otro, en la inversión pública destinada al desarrollo de generación eléctrica, particularmente hidráulica y geotérmica. Factores que se explicitan oportunamente en la descripción del mercado eléctrico mayorista, en el que tiene lugar la evaluación de impactos de la línea estratégica de la PEN bajo análisis.

Otros efectos y líneas estratégicas de la PEN también tienen incidencia en la reducción de emisiones de GEI del sector eléctrico nacional. Es el caso con el desarrollo de las energías renovables dentro de la generación distribuida o mercado minorista (contratos bilaterales o de autoconsumo) que impacta significativamente en la contención del crecimiento de la demanda a servir en el mercado mayorista; aumentos que hasta la implementación de la PEN 2010 – 2024 se venían cubriendo predominantemente con generación proveniente de fuentes fósiles tradicionales (fuel oil y diesel), como se expondrá en su momento.

Del mismo modo surten efectos de reducción de emisiones el fomento de la eficiencia y ahorro energético promovidos en la tercera línea estratégica de la PEN. No obstante, la evaluación del impacto de estos componentes de la PEN se ve restringido para inexistencia de estadísticas oficiales o por no estar públicamente accesibles.

Dado que la PEN 2010 - 2024 antecede en varios años a la NDC 2021, se consideraron las opciones de evaluar el impacto dentro del período de ejecución de la NDC o el alcanzado por la política durante su período de ejecución. Se eligió la segunda, teniendo en cuenta que se trata de un ejercicio demostrativo y que el resultado puede iluminar mejor la dimensión del impacto alcanzado por la política.

Con respecto a la disponibilidad de factores de emisión de la red para la construcción del escenario sin política (WoM), se determinó que solo se contaba con datos oficiales para los años 2011 y 2023. Dado que los primeros efectos de la política en la red de transmisión solo iniciaron en 2017, 7 años después de que entrara en vigor la PEN, se consideró más realista utilizar el factor de emisión del año precedente, 2016, para la construcción del escenario sin política; reconociendo que el valor del factor de emisión evolucionó significativamente entre los años 2010 y 2017.

De ese modo, se procedió al cálculo del factor de emisión de la red para el año 2016, utilizando para ello los datos del balance energético de ese año publicado por el Consejo Nacional de Energía (CNE) (DGEHM actualmente). Con propósitos demostrativos del efecto del cambio de la matriz energética por efecto de la PEN, se calculó el valor del factor de emisión de la red para cada uno de los años del período 2010 – 2023, dado que aún no están disponibles los datos oficiales del balance energético de 2024.

Proceso de identificación de PAMs relacionadas a la NDC 2021

Para la identificación de PAMs aplicables a la NDC 2021, se hizo una revisión de políticas, leyes, proyectos y otras acciones vigentes durante su período de implementación, priorizando aquellas asociadas a las categorías de mayores emisiones y con mayor potencial de contribuir a las medidas y metas de mitigación.

Para la selección de la PAM objeto de evaluación, se consideró especialmente su vinculación directa con las medidas establecidas en la NDC, con el propósito de armonizar el análisis y asegurar la coherencia entre la evaluación de la política y los compromisos climáticos asumidos por el país, permitiendo centrarse en una política que contribuye de manera relevante a los objetivos de mitigación de la NDC. Las PAMs identificadas por sector fueron:

Tabla 1. Listado inicial de políticas identificadas. Elaboración propia.

Energía
<i>Política Energética Nacional de El Salvador 2010-2024</i>
<i>Política Energética Nacional 2020- 2050</i>
<i>Desarrollo Urbano Sostenible para el Área Metropolitana de San Salvador 2020-2025</i>
AFOLU/ Agricultura
<i>Política Nacional Agropecuaria</i>
<i>Programa de Restauración de Ecosistemas y Paisajes Productivos</i>
<i>Ley de Agricultura Familiar 2021</i>
<i>Política de Agricultura Sostenible Adaptada al Clima 2018</i>
Generación Hidroeléctrica
<i>Expansión de la “Central Hidroeléctrica 5 de Noviembre” para aprovechamiento de excedentes de agua</i>
Transporte
<i>Ley de Fomento e Incentivos para la Importación y Uso de Medios de Transporte Eléctricos e Híbridos</i>
<i>Reforma a Ley de Fomento e Incentivos para la Importación y Uso de Medios de Transporte Eléctricos e Híbridos 2022</i>
Ciudades / Infraestructura
<i>Política Metropolitana de Movilidad Urbana 2021</i>
Residuos
<i>Plan Nacional para la Gestión Integral de Residuos 2024</i>
<i>Decreto N° 527.- Ley de gestión integral de residuos y fomento al reciclaje 2020, modificada 2021</i>

De este listado preliminar, se seleccionaron tres con mayor probabilidad de contar con la información básica para desarrollar una evaluación de impacto, y servir a su vez a la realización del pilotaje del componente de monitoreo y evaluación de impacto de PAMs de la plataforma MRV:

1. Política Energética Nacional de El Salvador 2010-2024
2. Programa de Restauración de Ecosistemas y Paisajes Productivos
3. Desarrollo Urbano Sostenible para el Área Metropolitana de San Salvador 2020-2025

Después de una revisión de las referidas políticas identificadas y del análisis de la disponibilidad, calidad y trazabilidad de la información existente, realizada en consulta con las instituciones referentes, se determinó que la Política Energética Nacional de El Salvador 2010-2024¹ sería la PAM seleccionada para el ejercicio de evaluación. Esta política desarrollada por el Consejo Nacional de Energía (CNE), constituye el único instrumento que cuenta con información mínima suficiente, pública y de carácter oficial que

¹ Disponible en: <https://biblioteca.olade.org/opac-tmpl/Documentos/cg01016.pdf>

Versión II disponible en: https://estadisticas.dgehm.gob.sv/wp-content/uploads/2016/09/Politica_Energetica.pdf

permite realizar una evaluación ex post de impactos, en particular en emisiones de GEI, aplicando en la medida de lo posible los lineamientos de la Guía ICAT.

Durante el proceso de revisión se identificó que otras políticas, planes o acciones relevantes presentaban limitaciones significativas en cuanto a disponibilidad de datos, consistencia metodológica o acceso a información oficial verificable, lo que dificulta su evaluación bajo un enfoque MRV. En contraste, la PEN dispone de información histórica asociada a la expansión de la generación eléctrica, la diversificación de la matriz energética y el fomento de las fuentes renovables, variables directamente vinculadas con las principales fuentes de emisiones del sector energía reportadas en el Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero (INGEI).

Adicionalmente, la PEN presenta una coherencia directa con la medida 1.1.1 de la NDC 2021, denominada “Reducción de las emisiones de GEI en la generación de energía eléctrica, debido a un crecimiento de generación con energía renovable (solar fotovoltaica, eólica, geotérmica, hidroeléctrica y biomasa) e incorporación de gas natural, incluyendo aumento de la capacidad instalada de energías renovables y aumento de la proporción de energía eléctrica que se genera a partir de energías renovables”, así como con sus tres metas asociadas con base en reducción de emisiones de GEI, capacidad de energías renovables y en la proporción de energía eléctrica generada a partir de energías renovables.

Esta alineación permite que la evaluación de la línea estratégica de Diversificación de la matriz energética y fomento a las fuentes renovables de energía de la PEN 2010 - 2024 contribuya de manera directa al seguimiento de los compromisos de mitigación establecidos en la NDC.

En este sentido, la selección de la PEN no solo posibilita la estimación de impactos reales en emisiones de GEI, sino que también aporta insumos clave para la visión del sistema MRV basada en datos oficiales, replicables y comparables, con potencial de integración en los procesos regulares de seguimiento del progreso de la NDC.

Aplicación de la Guía de evaluación de energías renovables de ICAT

A continuación, se desarrolla la evaluación de la Política Energética Nacional de El Salvador 2010-2024 siguiendo en lo posible los pasos propuestos por la Guía de ICAT “Metodología para energías renovables: Evaluación del impacto de las políticas de energía renovable en gases de efecto invernadero²”.

La guía de ICAT, tiene en sus pasos realizar la evaluación de una PAM, tanto ex – ante como ex – post de acuerdo al objetivo de la evaluación.

En este caso, dado que no se generó información para una evaluación ex – ante, únicamente se procede a realizar la evaluación ex – post a la implementación de la política, cuyo contexto se detalla en la sección “Enfoques de evaluación de impacto de GEI”; esto con el fin de evaluar los impactos efectivos de ésta en reducción de emisiones de GEI.

El ejercicio de evaluación de la PEN 2010-2024 se realiza procurando seguir los principales pasos

² Traducción libre de: RENEWABLE ENERGY METHODOLOGY: Assessing the greenhouse gas impacts of renewable energy policies

metodológicos descritos en la Guía para evaluación de impactos en gases de efecto invernadero de políticas de energía renovable de ICAT, tal como se muestra en la Ilustración 1.

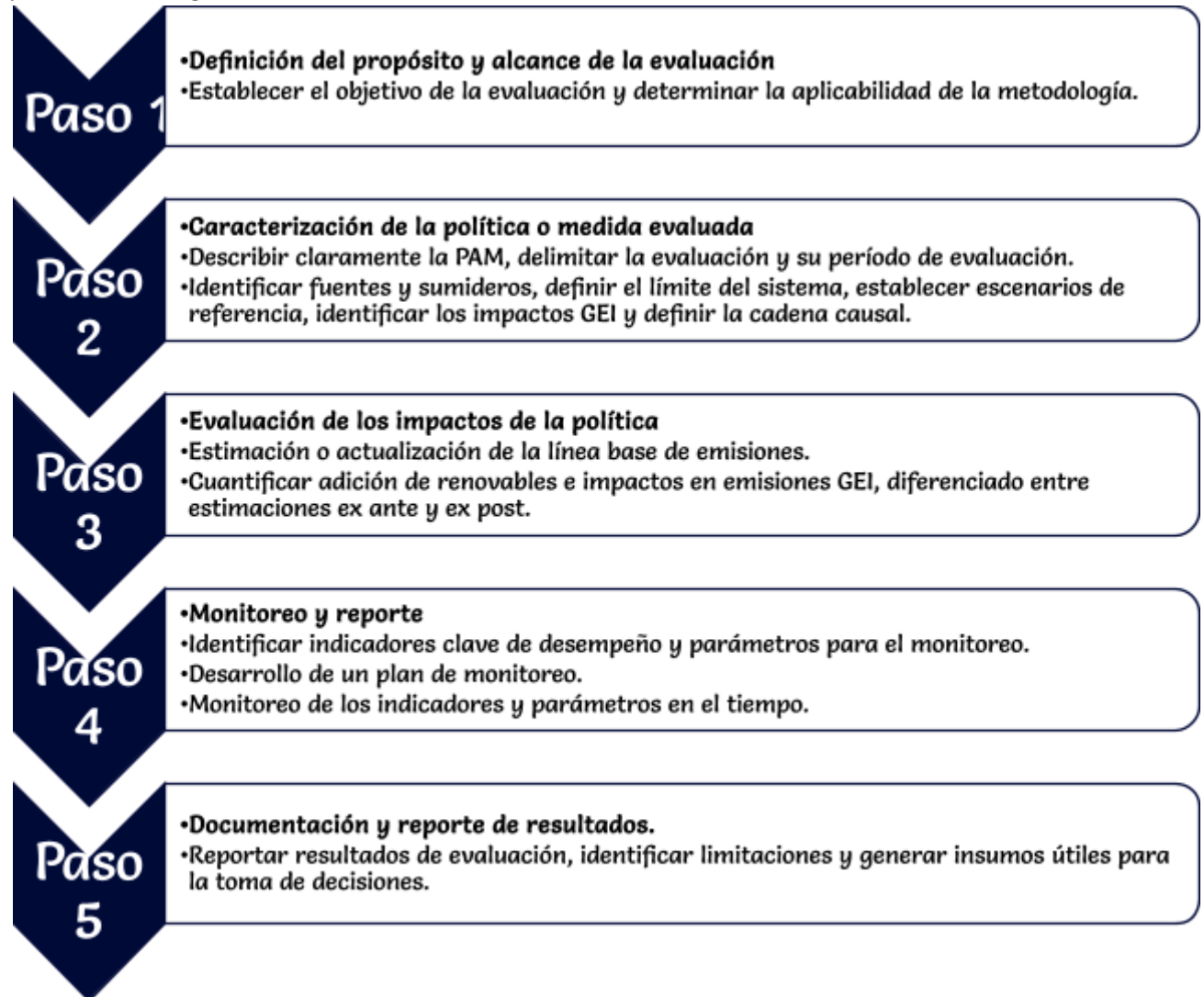


Ilustración 1. Principales pasos metodológicos para la evaluación de PAMs de acuerdo a la Guía ICAT para energías renovables. Elaboración propia a partir de la Guía ICAT.

Paso 1. Introducción, objetivos, pasos y descripción general de las políticas de energías renovables

Propósito y aplicación de la metodología

El propósito de esta evaluación es determinar el impacto de una política nacional de mitigación en el marco de la NDC 2021, realizando un ejercicio que contribuya a introducir la práctica de la evaluación de PAMs en la institucionalidad referente del país. En particular se trabaja con la Política Energética Nacional de El Salvador 2010–2024, específicamente su línea estratégica de Diversificación de la Matriz Energética y Fomento a las Fuentes Renovables de Energía.

Esta evaluación se enmarca en los compromisos climáticos asumidos por el país y generará evidencia técnica para la valoración de la contribución de la política energética en el cumplimiento de las metas de mitigación establecidas en la NDC 2021.

El proceso y los resultados de la evaluación constituyen un insumo clave para fortalecimiento del sistema nacional de monitoreo, reporte y verificación y la mejora de la transparencia en la preparación de los Reportes Bienales de Transparencia (BTR), en coherencia con los requisitos del Marco de Transparencia Reforzado del Acuerdo de París.

Objetivo de la evaluación de la Política Energética Nacional de El Salvador 2010-2024

Evaluar la Política Energética Nacional 2010–2024 siguiendo la guía ICAT y de acuerdo con los requerimientos de transparencia para evaluación de PAMs establecidos en las MPGs, estimando los impactos en reducción de emisiones de GEI asociados al incremento de las de la generación eléctrica con energías renovables y diversificación de la matriz energética.

Tipo de instrumento de política del sector energético

La evaluación de la Política Energética Nacional 2010–2024 se enfoca principalmente en instrumentos de política orientados al funcionamiento del mercado eléctrico mayorista y al incentivo de la inversión en generación a partir de fuentes renovables.

En este sentido, resultan aplicables los procesos de licitación para la incorporación de capacidad de generación de electricidad con fuentes renovables, así como las disposiciones de tarifa regulada (contratos de largo plazo transferibles a tarifa) existentes en la Ley General de Electricidad de El Salvador.

Asimismo, se consideran relevantes los incentivos fiscales establecidos en la Ley de incentivos fiscales para el fomento de energías renovables en la generación de electricidad. Estos instrumentos han incidido directamente en la expansión de la capacidad instalada utilizando energía renovable y, por ende, en la reducción de emisiones de GEI del sector eléctrico al desplazar generación basada en combustibles fósiles.

Enfoques de evaluación de impacto de GEI

De acuerdo con la Guía ICAT, existen dos enfoques principales para la estimación de impactos en emisiones de GEI: la estimación del nivel de emisiones y la estimación de las reducciones de emisiones.

El primer enfoque resulta pertinente cuando una política establece metas explícitas de emisiones asociadas a un año base específico, lo que permite evaluar su desempeño en relación con el cumplimiento de una NDC u otros objetivos cuantificados de reducción. Sin embargo, este enfoque no es aplicable en la evaluación de la Política Energética Nacional 2010–2024, dado que la evaluación se realiza de manera ex - post en una política que no se propuso metas específicas de reducción de emisiones, ni construyó un escenario ex - ante de reducciones esperadas.

En este contexto, la evaluación adopta el enfoque de estimación de las reducciones de emisiones reales de GEI, que permite establecer el impacto concreto de la política sobre las emisiones del sector eléctrico.

Pasos de la evaluación ex post y principios.

La evaluación ex post de la Política Energética Nacional 2010–2024 se estructura siguiendo el enfoque metodológico de ICAT para políticas de energías renovables y se desarrolla en dos pasos secuenciales e

interrelacionados.

En el primer paso se determina la adición efectiva de electricidad con fuente renovables o más limpias atribuible a la política, expresada en términos de capacidad instalada (megawatts, MW) y en generación eléctrica producida (megawatt-hora, MWh).

Estos datos se obtienen de información pública proveniente del sector eléctrico, incluyendo en este caso la de proyectos de inversión pública y la de los proyectos gestados a través de procesos de licitación de contratos de largo plazo para la generación con fuentes renovables incorporados durante el período de implementación de la política.

En el segundo paso, se estiman los impactos en las emisiones de GEI asociados a la adición de energías renovables, determinada mediante la comparación entre las emisiones de un escenario con política y las emisiones de un escenario sin política (WoM) generadas en el sector.

Para ello se utiliza información de generación de electricidad anual registrada en los boletines de Estadísticas eléctricas de la SIGET, y analizando la cantidad total de electricidad producida por los proyectos de energías renovables incorporados al sistema eléctrico. Con esta cantidad se procede a calcular la reducción de emisiones atribuibles al incremento de las energías renovables en la matriz energética nacional, que resulta de evaluar la cantidad de emisiones que se habrían generado asumiendo que el total de generación con fuentes renovables, producida por la política, se hubiera realizado con una composición de la matriz de energética (factor de emisión de la red) igual a la existente con anterioridad a la implementación de la política.

Paso 2. Definición de la evaluación

Descripción de la PAM. Condiciones en las que opera y es efectiva.

Política de diversificación de la matriz energética y fomento a la generación con fuentes renovables de energía.

- 1. Descripción del mercado eléctrico y mandato legal en los que opera la Política Energética Nacional 2010 – 2024. Delimitación de la evaluación de impacto de su línea estratégica: “Diversificación de la matriz energética y fomento a las fuentes las energías renovables”**

Contexto

En el artículo 4 de la Ley de Creación de la DGEHM, en su literal a) se establece que entre sus facultades se encuentra la de “Elaborar la Política Energética, establecer estrategias y planes indicativos de corto, mediano y largo plazo para el desarrollo del sector energético”; y en su literal h), la de “Establecer estrategias para la satisfacción de la demanda del suministro de energía en las diversas regiones y sectores sociales.”

Entre los principios de la PEN 2010 – 2024 se encuentran los de: “Garantizar un abastecimiento de energía oportuno, continuo, de calidad, generalizado y a precios razonables a toda la población” y “Reducir la dependencia energética del petróleo y sus productos derivados, fomentando las fuentes de energía renovables, la cultura de uso racional de la energía y la innovación tecnológica”.

Una de las seis líneas estratégica de la PEN 2010 – 2024 que de manera más directa y efectiva contribuye al logro de los principios mencionados es la de “Diversificación de la matriz energética y

fomento a las fuentes renovables de energía”.

El despliegue de proyectos de generación eléctrica de diversificación y descarbonización de la matriz a través del uso de fuentes renovables o combustibles limpios, que promueve la referida línea estratégica, se produce dentro de las distintas modalidades que para ello ofrecen el marco legal y el mercado eléctrico nacional.

El mercado eléctrico nacional se compone de los tipos siguientes:

- a) Mercado de Contratos. Contratos a Largo Plazo trasladable a tarifas y Contratos Bilaterales.
- b) Mercado Regulador del Sistema o mercado Spot³

Ambos tipos de mercado disfrutan de los beneficios que brinda la “Ley de incentivos fiscales para el fomento de la energía renovable en la generación de electricidad”, a la que se hace referencia más adelante.

No obstante, las disposiciones de ley y contexto en que dichos tipos de proyectos se gestan son diferentes, partiendo de distintas premisas y diversos objetivos. Ello hace que los proyectos desarrollados para uno y otro tipo de mercado presenten condiciones y posibilidades distintas para la evaluación de sus impactos en emisiones de GEI, lo que determina también el alcance o delimitación de la evaluación del impacto de la línea estratégica, en el segmento del mercado mayorista.

El mercado de contratos o mercado mayorista

En este segmento del mercado eléctrico se gestionan los contratos de largo plazo, que son “suscritos por obligación legal por las empresas distribuidoras por medio de procesos de libre competencia, bajo la supervisión del ente regulador, Superintendencia General de Electricidad y Telecomunicaciones (SIGET)”⁴.

Estos proyectos de generación se conectan a la red de transmisión, alto voltaje, y, en general, se desarrollan respondiendo a las necesidades y proyecciones de crecimiento de la demanda nacional contempladas en los planes indicativos de expansión de la generación eléctrica del país, que son un instrumento que, en cumplimiento de sus funciones, elabora regularmente la DGEHM (anteriormente el CNE).

Las garantías más relevantes que la Ley General de Electricidad proporciona para promover la inclusión de la generación con energías renovables no convencionales son las siguientes:

- a) “Las licitaciones destinadas a generación con fuentes renovables no convencionales se podrán suscribir mediante contratos de suministro no estandarizados, sin compromiso de potencia firme.
- b) Las centrales de generación con fuente de energía renovable no convencional tienen prioridad de despacho, para cuyos efectos se les considerará con costo variable de operación igual a cero.”⁵

De ese modo, entre las ventajas de estos contratos, además de gozar del marco de incentivos fiscales que se resume más adelante, se cuenta la de proveer una “garantía de ingreso económico base a los generadores, independientemente del nivel de producción o entrega efectiva de energía”.⁶

³ Consejo Nacional de Energía (CNE): Sector Eléctrico de El Salvador 2016. Enero 2016. P. 18.

NOTA: Los contratos a largo plazo transferibles a tarifa significa que los costos negociados se incorporan en la estructura tarifaria final del servicio.

⁴ Ídem.

⁵ Consejo Nacional de Energía (CNE): Sector Eléctrico de El Salvador 2016. Enero 2016. P. 25.

⁶ Consejo Nacional de Energía (CNE): Sector Eléctrico de El Salvador 2016. Enero 2016. P. 18

Mercado Regulator del Sistema o mercado minorista.

Basado en costos de producción, “Permite comercializar la energía a precios variables, los que dependen de factores propios del sector como: demanda nacional, tasas de indisponibilidad, potencias máximas de cada central, entre otros.”⁷

Estos proyectos se emprenden mediante contratación directa entre privados, generador- consumidor, y obedecen a necesidades e intereses particulares de los contratantes y aunque toman en cuenta el marco de planificación y proyección indicativa de crecimiento de la demanda nacional, no necesariamente responden a asegurar esa demanda. Como resultado de esto, la PEN no registra estimaciones de crecimiento de generación con energías renovables para el mercado minorista.

Planes indicativos de expansión de la generación eléctrica del país.

Todo plan indicativo, como lo señala su nombre, “es de carácter indicativo; es decir, el resultado del mismo no es vinculante o de cumplimiento obligatorio. El plan indicativo permite obtener una guía, tanto para el Estado como para inversionistas, de los mercados eléctricos nacionales y regionales, mostrando los posibles crecimientos del parque generador basado en una serie de proyectos de diversas tecnologías.”⁸

Lo anterior significa que en las políticas energéticas y planes indicativos de expansión no se encuentra prefijada o planificada de antemano la cantidad de potencia que se añadirá a la matriz energética en un período determinado.

Debe señalarse que la PEN 2010 – 2024 sí tuvo en consideración la realización de proyectos específicos, en algunos casos de gran envergadura, sobre todo hidroeléctricos y geotérmico; los que serían impulsados y financiados con fondos del Estado. Estos fueron los siguientes, con incorporación a red prevista para entre 2015 y 2016: Central Hidroeléctrica “El Chaparral” (66 MW), denominada posteriormente “3 de Febrero”; Ampliación de la Central Hidroeléctrica “5 de Noviembre” (80 MW); y expansiones en geotermia (60 MW) de los cuales se ejecutaron los primeros dos. También refirió el proyecto Hidroeléctrico “El Cimarrón” (262 MW) , que posterior a su rediseño podría considerar su incorporación en años posteriores al 2015. También consideró, en el largo plazo “opciones de una Central Solar Térmica Concentrada (2018 – 2020) o bien el desarrollo de proyectos a pequeña escala que utilicen recursos como el viento y el solar, sin indicar potencia prevista.”⁹

Sobre la composición de la matriz energética proyectada, la PEN indicó que “En el mediano plazo, el resultado que se obtiene es que en el 2015 y 2016 se requiere la instalación de por lo menos 200 MW de nueva capacidad”¹⁰. No obstante, para el desarrollo de dicha capacidad también advirtió que “dicha decisión requiere un período de mayor maduración dado que se deben hacer los análisis no solo de costos de inversión, sino también, los beneficios y costos económicos, sociales, ambientales y territoriales que impliquen desarrollar dichos proyectos, ya sea utilizando energía renovable, gas natural” u otros¹¹.

De lo que se desprende que la PEN tampoco disponía en ese momento de los datos e insumos definidos necesarios para realizar estudios de evaluación de impactos de la referida línea estratégica o

⁷ Ídem.

⁸ Ídem.

⁹CNE. Política Energética Nacional 2010 – 2024. Pp. 18, 28.

¹⁰ CNE. Política Energética Nacional 2010 – 2024. P. 19

¹¹ CNE. Política Energética Nacional 2010 – 2024. P. 19

proyecciones y escenarios de reducción de emisiones ex ante de la misma.

Por otra parte, para asegurar la cobertura de la demanda además de los proyectos a financiarse con recursos del Estado, “en caso de que los mismos no estuvieran disponibles”, la PEN previó que “la atracción de nueva inversión se puede realizar a través del desarrollo de Contratos de Largo Plazo transferibles a tarifa.”¹²

En resumen, el mercado de contratos opera con la electricidad proveniente de la generación de las centrales gestionadas por el Estado y la aportada por los proyectos surgidos de los contratos de largo plazo realizados por medio de procesos de licitación de libre concurrencia supervisados por la SIGET.

Incentivos para la inversión de los contratos de largo plazo mediante procesos de libre concurrencia.

Las principales ventajas ofrecidos por estos contratos para la atracción de inversión son las siguientes:

- Las licitaciones destinadas a generación con fuentes renovables no convencionales se podrán suscribir mediante contratos de suministro no estandarizados, sin compromiso de potencia firme.
- Las centrales de generación con fuente de energía renovable no convencional tienen prioridad de despacho, para cuyos efectos se les considerará con costo variable de operación igual a cero.

De ese modo, entre las ventajas de estos contratos, además de gozar del marco de incentivos fiscales que se resume más adelante, se cuenta la de que proveer una garantía de ingreso económico base a los generadores, independientemente del nivel de producción de energía entregada al sistema¹³, tal como se explica en la introducción en la referencia a la reforma de la Ley General de Electricidad.

2. Marco de incentivos legales para el fomento de generación de electricidad con energías renovables.¹⁴

A. Ley de incentivos fiscales para el fomento de Energías Renovables en la generación de electricidad.¹⁵ Los principales incentivos contemplados en la ley son los siguientes:

1. Exención de derechos arancelarios a la importación de maquinaria, equipo, materiales e insumos necesarios para la construcción de las obras de las centrales, líneas de sub-transmisión para transporte de energía desde la central de generación hasta las redes de transmisión y/o distribución eléctrica. (durante los primeros 10 años).¹⁶
2. Exención del impuesto sobre la renta por un período de cinco años para proyectos mayores a los 10 megavatios (MW), y por 10 años para menos de 10 megavatios (MW).
3. Exención total del pago de impuestos sobre los ingresos provenientes directamente de la venta de las Reducciones Certificadas de Emisiones (CERs, en el marco del mecanismo para un desarrollo limpio), o mercados de carbono similares.

¹² Ídem.

¹³ Consejo Nacional de Energía (CNE): Sector Eléctrico de El Salvador 2016. Enero 2016. P. 18

¹⁴ Ídem. P. 26

¹⁵ <http://www.asamblea.gob.sv/ley-de-incentivos-fiscales-para-el-fomento-de-la-energia-renovable-en-la-generacion-de-electricidad>.

NOTA: Al aprobarse la Ley de Incentivos Fiscales para el Fomento de la Energía Renovable en la Generación de Electricidad no se realizaron estudios de evaluación del impacto esperado de dicha ley.

¹⁶ Gobierno de El Salvador. Guía sectorial de energía. 2023.

B. Ley especial de socios público-privados

1. Desarrollo de proyectos de Socios Público-Privados para la provisión de infraestructura y servicios públicos de interés general, de forma eficaz y eficiente.¹⁷

C. Ley de Inversiones

1. Trato igualitario a inversionistas nacionales y extranjeros
2. Libre transferencia al exterior de utilidades y dividendos relacionados con la inversión.
3. Acceso a financiamiento local

D. Otros instrumentos facilitadores: Categorización de proyectos.¹⁸

1. De acuerdo con su tamaño e impacto, los proyectos de energías renovables no convencionales pueden requerir, para su realización, de menos trámites y permisos, que incentiva al desarrollo.

3. Proyectos de energías renovables impulsados en el marco de la PAM para el mercado mayorista.

Tabla 2. Entrada en operaciones o expansión de plantas de energías renovables. Elaboración propia a partir de los boletines de estadísticas eléctricas de la SIGET.

NOMBRE DE LA PLANTA	TIPO DE INVERSIÓN	TIPO DE ENERGÍA	CAPACIDAD INSTALADA (MW)	AÑO DE ENTRADA EN OPERACIONES
EXPANSIÓN 5 DE NOVIEMBRE	Inversión pública	Hidroeléctrica	80	2017
ANTARES	Licitación	Fotovoltaica	60	2017
ALBIREO I	Licitación	Fotovoltaica	57.5	2019
ALBIREO II	Licitación	Fotovoltaica	57.5	2019
LOS REMEDIOS	Licitación	Fotovoltaica	20	2019
LA TRINIDAD	Licitación	Fotovoltaica	8	2019
MÁRQUEZ	Licitación	Fotovoltaica	6	2019
SONSONATE SOLAR	Licitación	Fotovoltaica	10	2020
PARQUE EÓLICO VENTUS	Licitación	Eólica	54	2020
ECOSOLAR	Licitación	Fotovoltaica	9.9	2021
CENTRALES GNL	Licitación	Gas natural	378	2022
3 DE FEBRERO	Inversión pública	Hidroeléctrica	66	2023
JIBOA SOLAR	Licitación	Fotovoltaica	10	2024
CABAÑA SOLAR	Licitación	Fotovoltaica	5	2024
TALNIQUE SOLAR	Licitación	Fotovoltaica	13.2	2024
TOTAL (MW)			835.1	

Delimitación de la evaluación de la PAM

El presente ejercicio de evaluación de la PAM será realizado de manera individual de la PEN 2010-2024 Tal como se refirió anteriormente, la PEN define seis líneas estratégicas (1. Diversificación de la matriz

¹⁷ <http://www.asamblea.gob.sv/ley-de-inversiones>

¹⁸ Categorización de proyectos de Energías Renovables No Convencionales del CNE.

energética y fomento a las fuentes renovables de energía; 2. Fortalecimiento de la institucionalidad del sector energético y protección al usuario; 3. Promoción de una cultura de eficiencia y ahorro energético. 4. Ampliación de cobertura y tarifas sociales preferentes; 5. Innovación y desarrollo tecnológico; y 6. Integración energética regional). De ellas, se seleccionó la primera para realizar el ejercicio de evaluación.

El objetivo de esta línea estratégica es “Impulsar la diversificación de la matriz energética nacional, promoviendo e incentivando el uso de Fuentes de Energía Renovables y la incorporación de nuevos combustibles en los subsectores de electricidad e hidrocarburos, reduciendo progresivamente la dependencia del petróleo y sus derivados”.¹⁹

A continuación, se presenta de forma resumida en la Tabla 4 la información para la evaluación requerida en la Guía de ICAT (“Checklist”). En la descripción se presenta la información disponible en la PEN 2010-2024 y, cuando pertinente, se destaca en negritas la que corresponde específicamente a la línea estratégica seleccionada.

Tabla 3. Checklist principal de información requerida para evaluación de la PAM. Elaboración propia a partir de la guía ICAT.

INFORMACIÓN RECOMENDADA	DESCRIPCIÓN
TÍTULO DE LA POLÍTICA O ACCIÓN	Política Energética Nacional de El Salvador 2010-2024
TIPO DE LA POLÍTICA O ACCIÓN	Normativo y Económico (Mandatos e incentivos de ley y “feed in tariff”)
DESCRIPCIÓN DE INTERVENCIONES ESPECÍFICAS	La primera línea estratégica “Diversificación de la Matriz Energética y Fomento a las Fuentes Renovables de Energía”, se enfoca principalmente en las siguientes intervenciones: <ul style="list-style-type: none"> • Fomento a las energías renovables • Diversificación de la matriz energética • Licitación para la contratación de la generación con gas natural
STATUS DE LA POLÍTICA	Aplicada
FECHA DE IMPLEMENTACIÓN	2010
FECHA DE FINALIZACIÓN (SI ES RELEVANTE)	2024
ENTIDAD O ENTIDADES IMPLEMENTADORAS	CNE, MH, MOPT, VMT, DGHEM, CEL
OBJETIVOS E IMPACTOS ESPERADOS O BENEFICIOS DE LA POLÍTICA	<ul style="list-style-type: none"> • Garantizar un abastecimiento de energía oportuno, continuo, de calidad, generalizado y a precios razonables a toda la población. • Recuperar el papel del Estado en el desarrollo del sector energético, fortaleciendo el marco institucional y legal que promueva, oriente y regule el desarrollo del mismo, superando los vacíos y debilidades existentes que impiden la protección legal de las personas usuarias de estos servicios. • Reducir la dependencia energética del petróleo y sus productos derivados, fomentando las fuentes de energía renovables, la cultura de uso racional de la energía y la innovación tecnológica. • Minimizar los impactos ambientales y sociales de los proyectos energéticos, así como aquellos que propician el cambio climático.
NIVEL DE IMPLEMENTACIÓN LA POLÍTICA	Nivel Nacional
COBERTURA GEOGRÁFICA	Todo El Salvador
SECTORES META	Sector eléctrico , sector hidrocarburos (transporte)
GASES DE EFECTO INVERNADERO META	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O

¹⁹ CNE. Política Energética Nacional 2010 – 2024. P. 16

OTRA POLÍTICAS O ACCIONES RELACIONADAS

Ley General de Electricidad y su reglamento; Ley de creación del Consejo Nacional de Energía; Ley de Incentivos Fiscales para el Fomento de Energías Renovables en la Generación de Electricidad.

En la Tabla 4, se presenta el Checklist de información adicional que puede ser relevante para describir la política que se está evaluando de acuerdo con la guía ICAT.

Tabla 4. Checklist de información adicional relevante para describir la PAM. Elaboración propia a partir de la guía ICAT.

INFORMACIÓN	DESCRIPCIÓN
NIVELES DE MITIGACIÓN ESPERADOS A SER ALCANZADOS Y/O NIVELES DE META DE OTROS INDICADORES.	La política a nivel nacional no define reducciones de GEI, únicamente indica proyectos de energías renovables con perspectiva de realización (545MW total): Hidroeléctrico, El Chaparral (66MW) Hidroeléctrico, 5 de Noviembre (80 MW) Expansión de geotermia (60MW) (no realizado) Hidroeléctrico, El Cimarrón (262MW) (no realizado) De forma genérica se mencionó la potencial promoción de proyectos fotovoltaicos y eólicos.
TÍTULO DE LA LEGISLACIÓN ESTABLECIDA, REGULACIONES U OTROS DOCUMENTOS DE RESPALDO.	Ley General de Electricidad y su reglamento; Ley de creación del Consejo Nacional de Energía; Ley de Incentivos Fiscales para el Fomento de Energías Renovables en la Generación de Electricidad.
PROCEDIMIENTOS DE MONITOREO, REPORTE Y VERIFICACIÓN.	No fue definido
MECANISMOS DE APLICACIÓN.	Incentivos fiscales, contratos de largo plazo transferibles a tarifa, inversión pública.
CONTEXTO MÁS AMPLIO O IMPORTANCIA DE LA POLÍTICA	Esta política contribuirá a la diversificación de la matriz energética, incrementando la generación de energías renovables, reduciendo el consumo y dependencia de los combustibles fósiles y fortaleciendo la seguridad energética del país.
ESQUEMA DE LOS IMPACTOS DE LA POLÍTICA O ACCIÓN EN EL DESARROLLO SOSTENIBLE.	En lo social, generación de empleo en el sector de energías renovables, el fortalecimiento de capacidades técnicas, la mejora en la seguridad del suministro eléctrico y los beneficios indirectos sobre la salud pública. En lo social, la mejora de la calidad del aire, la reducción de contaminantes locales asociados a la generación térmica fósil. En lo económico, diversificación de la matriz energética, la reducción de la disminución de la factura de importación de combustibles fósiles, la mayor estabilidad de los precios de la energía y el fortalecimiento de la inversión pública y privada en el sector energético.
PARTES INTERESADAS CLAVE.	- Consejo Nacional de Energía (CNE), actualmente Dirección General de Energía, Hidrocarburos y Minas (DGEHM) - Superintendencia General de Electricidad y Telecomunicaciones (SIGET) - Productores y distribuidores de electricidad del mercado mayorista - Consumidores
OTRA INFORMACIÓN RELEVANTE.	No definido

Tipo de evaluación a desarrollar

Para la Política Energética Nacional 2010–2024, la evaluación a desarrollar corresponde a una evaluación ex-post de impactos efectivos alcanzados, de conformidad con la guía del ICAT correspondiente. Esta evaluación se realiza con el objetivo de determinar sus efectos reales en la matriz energética y el mercado eléctrico nacional; específicamente sus impactos en las emisiones de gases de

efecto invernadero. Los cálculos se realizan utilizando datos oficiales de generación eléctrica publicados durante el período de implementación.

La restricción a ese tipo de evaluación obedece a que, en el diseño de la política, no se definió un escenario ex -ante cuantitativo ni se establecieron niveles explícitos de mitigación esperados. En consecuencia, no es posible realizar una evaluación por comparación de resultados con un escenario de referencia ex – ante, que se hubiera construido específicamente para dicho propósito.

Identificación de impactos GEI: efectos intermedios y potenciales impactos GEI.

A continuación, se detallan las actividades, insumos, efectos intermedios, efectos de mercado e impactos en GEI identificados para la línea estratégica “Diversificación de la Matriz Energética y Fomento a las Fuentes Renovables de Energía” de la PEN 2010 – 2024:

Insumos:

- Marcos normativos adecuados que faciliten el desarrollo de proyectos y motiven inversión privada, asegurando cobertura de demanda y suministro a usuarios (contratos de largo plazo transferibles a tarifa), entre ellos la Ley General de Electricidad y su reglamento, Ley de creación del Consejo Nacional de Energía y Ley de Incentivos Fiscales para el Fomento de Energías Renovables en la Generación de Electricidad.
- Aplicación de incentivos fiscales: Exención de derechos arancelarios a la importación (durante los primeros 10 años); Exención del impuesto sobre la renta por un período de cinco años para proyectos mayores a los 10 MW, y por 10 años para menos de 10 MW; Exención total del pago de impuestos sobre los ingresos provenientes directamente de la venta de las Reducciones Certificadas de Emisiones (CERs, en el marco del mecanismo para un desarrollo limpio), o mercados de carbono similares.
- Otros incentivos no monetarios: Priorización de evaluación de proyectos para energías renovables en la ley ambiental.

Actividades:

- Licitaciones de contratos a largo plazo transferibles a tarifa implementada.
- Proyectos inversión pública.

Efectos intermedios:

- Mayor participación de inversión pública, privada y público-privada en la generación con energías renovables.
- Incremento de la capacidad instalada con energías renovables, aumento de la generación eléctrica renovable inyectada en mercado mayorista y desplazamiento parcial de generación térmica.
- Diversificación de la matriz energética con fuentes renovables o de bajas en emisiones.
- Mayor seguridad energética.

Efectos de mercado:

- Mayor estabilidad de precios en el mercado mayorista.
- Aumento de inversión privada y competencia, estimulando aumento en la eficiencia de los proyectos, (más proyectos por incentivos).
- Estabilización del costo de la energía para el consumidor.
- Menor vulnerabilidad del sistema eléctrico ante oscilaciones de los precios internacionales de combustibles fósiles.

Impactos potenciales en GEI:

- Reducción de emisiones de CO₂ eq por desplazamiento de generación de energía térmica fósil.

- Reducción de emisiones de CO₂ eq por sustitución de combustibles fósiles tradicionales por gas natural
- Reducción sostenida de emisiones del sector eléctrico.
- Reducciones indirectas si las energías renovables desplazan combustibles fósiles en usos finales (por ejemplo, en transporte, hogares, industria, etc.)
- Aumento de emisiones de GEI por construcción de plantas y nuevas líneas de distribución.
- Disminución, fuera de jurisdicción de la política, de emisiones de transporte marítimo empleado en la importación de derivados del petróleo.

Desarrollo de la cadena causal

A partir de la información detallada en la sección precedente, se desarrolló la cadena causal (Ilustración 2), correspondiente a la línea estratégica de Diversificación de la matriz energética y fomento a las fuentes renovables de energía, que es objeto de esta evaluación. La cadena causal permite representar de manera estructurada y lógica las relaciones de causa y efecto entre los instrumentos de política, los cambios inducidos en el sistema de generación eléctrica y los impactos finales en términos de emisiones de gases de efecto invernadero, facilitando así la comprensión del funcionamiento y efectos de la PAMs.

Si bien la guía de ICAT propone una cadena causal simplificada, compuesta por tres niveles (nombre de la PAM, efectos intermedios e impactos en GEI) para esta evaluación se adoptó un enfoque ampliado²⁰ que incorpora niveles adicionales: nombre de la PAM, insumos, actividades, efectos intermedios, efectos de mercado e impactos en GEI. Esta desagregación responde a la complejidad de la PEN y permite reflejar con mayor detalle la cadena de efectos, los cambios estructurales inducidos y las dinámicas de mercado asociadas a la expansión de las energías renovables. Asimismo, este enfoque ampliado fortalece la trazabilidad entre las intervenciones de la política y los impactos observados, en línea con los principios de relevancia, completitud y consistencia establecidos por ICAT.

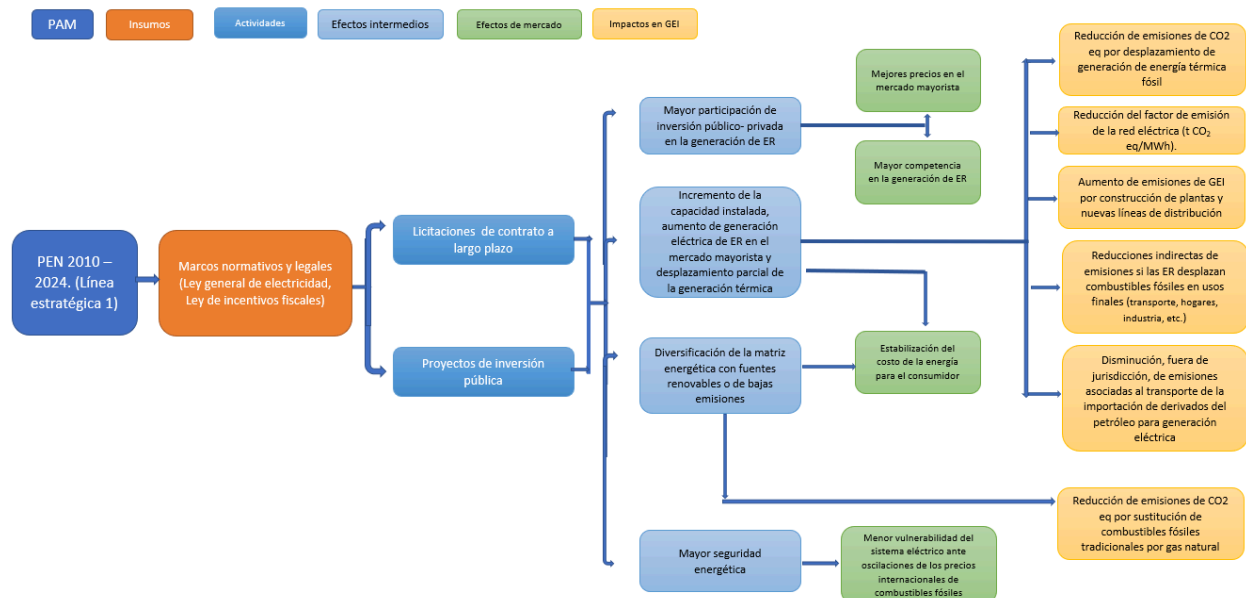


Ilustración 2. Cadena causal de la PAM a evaluar. Elaboración propia.²¹

²⁰ Tomado de la metodología del RECATH para evaluación de políticas, acciones y medidas.

²¹ Cadena causal disponible en el Excel Anexo para mayor detalle.

Definición de los límites de la evaluación

Los límites de la evaluación de la PEN 2010- 2024 se definieron de acuerdo con las recomendaciones de la Guía ICAT, incluyendo dentro del análisis únicamente aquellos impactos en emisiones identificados en la cadena causal de la política que se consideran significativos, es decir, con magnitud moderada o mayor y una probabilidad de ocurrencia muy probable, probable o posible (ver tabla 4).

Para la PEN 2010–2024, el impacto en GEI más relevante corresponde a la reducción de emisiones de CO₂ derivada del desplazamiento de la generación eléctrica a partir de combustibles fósiles, el cual se clasifica como de magnitud alta y muy probable, por lo que se incluye dentro de los límites de la evaluación, mientras que otros impactos potenciales se evaluaron de posible ocurrencia y magnitud moderada, siendo excluidos de la evaluación.

Tabla 5. Definición de los límites de la evaluación de acuerdo a la guía ICAT. Elaboración propia.

<i>Impacto en GEI</i>	<i>GEI</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Magnitud relativa</i>	<i>Incluido o excluido</i>
<i>Reducción de emisiones de CO₂ eq por desplazamiento de generación de energía térmica fósil.</i>	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O	Muy probable	Alta	Incluido
<i>Reducciones indirectas si las energías renovables desplazan combustibles fósiles en usos finales (por ejemplo, en transporte, hogares, industria, etc.)</i>	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O	Posible	Moderada	Excluido
<i>Disminución, fuera de jurisdicción, de emisiones asociadas al transporte de la importación de derivados del petróleo para generación eléctrica</i>	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O	Posible	Moderada	Excluida

Definición del período de evaluación

El período de evaluación definido para la presente evaluación ex-post de la Política Energética Nacional abarca el intervalo comprendido entre 2010 y 2024, en coherencia con el horizonte temporal de implementación de la política. Para el análisis, se revisaron los balances energéticos nacionales y los boletines de estadísticas eléctricas correspondientes a este período, considerando la información disponible hasta el año 2024, último año para el cual se cuenta con datos oficiales publicados y consolidados al momento de la evaluación. Esta revisión permitió caracterizar la evolución histórica del sistema energético y eléctrico del país, así como identificar tendencias relevantes asociadas a la implementación de las medidas de la política.

El análisis evidencia que la expansión significativa con el ingreso de las generadoras de fuentes de energía renovable en la matriz energética nacional, producto de la política se produjo a partir del año 2017. En este contexto, se define el año 2016 como punto de referencia para el análisis comparativo, al representar las condiciones previas al iniciar el incremento de la capacidad instalada con energías renovables. Con este punto de partida, se evalúa de manera ex-post la evolución de la matriz energética de 2017 en adelante, permitiendo analizar los cambios generados por la política en términos de diversificación energética, desplazamiento de generación térmica e impactos en las emisiones de GEI.

Identificación de impactos en desarrollo sostenible.

Siguiendo las orientaciones de la correspondiente guía de ICAT para la evaluación de los referidos impactos, se realizó una revisión de los que pueden asociarse a la expansión de las energías renovables,

tomando como referencia las categorías de impactos ambientales, sociales y económicos y los ejemplos de indicadores propuestos en dicha guía

En la dimensión ambiental, se identifican impactos potenciales relacionados con la mejora de la calidad del aire, la reducción de contaminantes locales asociados a la generación térmica fósil.

En la dimensión social, destacan impactos asociados a la generación de empleo en el sector de energías renovables, el fortalecimiento de capacidades técnicas, la mejora en la seguridad del suministro eléctrico y los beneficios indirectos sobre la salud pública derivados de una menor exposición a contaminantes atmosféricos.

Por otra parte, en la dimensión económica, se consideran impactos vinculados a la diversificación de la matriz energética, la reducción de la disminución de la factura de importación de combustibles fósiles, la mayor estabilidad de los precios de la energía y el fortalecimiento de la inversión pública y privada en el sector energético.

La identificación de estos impactos en desarrollo sostenible no tiene como objetivo establecer relaciones causales cuantificadas en todos los casos, sino identificar y sistematizar los principales efectos asociados a la implementación de la política, en coherencia con el enfoque ex-post adoptado y la disponibilidad de información.

Identificación de impactos en cambios transformacionales

Como parte de este análisis, se identifican algunos indicadores de impactos transformacionales de acuerdo a la guía correspondiente de ICAT, incluyendo, entre otros: la inversión anual en tecnologías de energías renovables como porcentaje de la inversión total del sector energético; el porcentaje de empleo del sector energético vinculado a las energías renovables; el número de nuevas empresas locales proveedoras de servicios en energías renovables y el valor de las órdenes de compra asociadas a proyectos de energías renovables dentro de la cadena de suministro nacional. La identificación de estos elementos podría permitir valorar en qué medida la Política Energética Nacional contribuye a crear condiciones habilitantes para una transición energética estructural, más allá de los resultados inmediatos en términos de reducción de emisiones, y constituye un insumo clave para orientar el diseño y fortalecimiento de futuras políticas públicas de mitigación.

Paso 3. Evaluación de impactos

Estimación o actualización de la línea base de emisiones

Para estimar las reducciones de GEI atribuibles a la PEN 2010–2024, es necesario estimar y actualizar la línea base de emisiones, en concordancia con las directrices de la guía ICAT. Dado el carácter ex-post de la evaluación, la línea base de emisiones se recalcula utilizando información histórica observada, asegurando que la estimación refleje de manera consistente las condiciones reales del sistema eléctrico durante el período de análisis. Este enfoque es coherente con la recomendación de ICAT de actualizar la línea base cada vez que se realiza una evaluación ex-post, permitiendo capturar cambios estructurales en la matriz energética y en el desempeño del sistema eléctrico.

Para esta evaluación se calculó el factor de emisión de la red eléctrica (FERE), por lo que no se aplica el método de trayectoria de emisiones descrito en la guía ICAT, ya que no se contaba con dicha referencia. La estimación de emisiones se basa en el cálculo del FERE para el año 2016 y en la generación eléctrica registrada anualmente a partir de 2017. Año que, como ya mencionado, antecede al que empieza a registrar los efectos de la PEN 2010 – 2024.

El FERE también fue calculado para cada año del período 2010–2023, utilizando los datos de generación histórica de los Boletines de estadísticas eléctricas de SIGET y los Balances energéticos publicados por DGEHM.

Para la construcción de los FERE se utilizó la siguiente fórmula descrita en la guía ICAT²²:

$$EF_i^t \left[\frac{tCO_2}{MWh} \right] = \frac{TE_EG_i^t [tCO_2]}{EG_i^t [MWh]}$$

En dónde:

EF = Factor de emisión de una tecnología de generación de electricidad en cierto año (FERE).

TE_EG = Emisiones totales de una tecnología de generación de electricidad.

EG = Generación de electricidad.

i = Combustible fósil utilizado para generación de electricidad

t = Año en que la electricidad fue generada.

Para calcular las emisiones, se utilizaron los Terajoules (TJ) reportados por año y por tipo de fuente²³ para generación eléctrica (del mercado mayorista) publicados en los balances energéticos contenidos en la siguiente tabla:

Tabla 6. Tera Joules de combustibles utilizados en centrales eléctricas. Elaboración propia a partir de los Balances energéticos publicados por DGEHM.

TJ DE COMBUSTIBLES EN CENTRALES ELÉCTRICAS	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
DIESEL OIL	104	104	189	86	12	8	16	9	29	10	26	20	9	9
FUEL OIL	1412	1412	1812	625	2124	2123	2057	1147	9980	1361	8649	7297	4248	5939
	0	0	1	9	8	5	7	5		6				
BIOGÁS	0	0	0	526	412	589	531	510	495	570	423	382	400	416
GAS NATURAL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	8125	1874
														9
BIOMASA ²⁴	1572	1575	1234	749	7637	9876	1142	1407	1405	1459	1498	1471	1450	1416
	5	6	7	5			4	3	3	0	2	5	2	3

Estos fueron multiplicados por los factores de emisión del IPCC, así como por su potencial de calentamiento de acuerdo a la tabla 7.

Tabla 7. Factores de emisión de GEI utilizados para principales combustibles para generación eléctrica. Elaboración propia a partir del Quinto informe de evaluación del IPCC.

Emisiones	Factor de emisión IPCC (kg /Tj)		
	CO ₂	CH ₄	N ₂ O
Diesel Oil (Gas/Diesel oil)	74100	3	0.6
Fuel Oil (Residual fuel oil)	77400	3	0.6
Biogás (Gas biomass - other biogas)	0	1	0.1
Gas natural (Natural gas)	56100	1	0.1
Biomasa	0	30	4
Potencial de calentamiento global	1	28	265

²² Guía ICAT - Metodología para Energías Renovables. P.82.

²³ Para el cálculo de emisiones se tomaron en consideración las fuentes de generación de electricidad: diesel oil, fuel oil, biogás, gas natural y biomasa (bagazo de caña).

²⁴ En el caso de biomasa (bagazo de caña), en los balances energéticos aparece en centrales eléctricas los TJ únicamente de los años 2010 – 2012. A partir de 2013 hasta 2023, los TJ se ubican en autoprodutores, sin embargo, a sugerencia de la DGEHM, se incluyó dicha serie de datos en centrales eléctricas ya que la mayor parte se destina a generación de electricidad.

A partir de estos datos se estimaron las emisiones por año de las distintas fuentes, teniendo como supuesto que las energías renovables tienen una emisión de GEI de cero. En la siguiente tabla se presentan las emisiones estimadas por año.

Tabla 8. Emisiones de GEI por combustibles en centrales eléctricas. Elaboración propia.

Año	Emisiones (Kg CO2 eq) por Combustibles en Centrales Eléctricas						Emisiones (t CO2 eq)
	Diesel Oil	Fuel Oil	Biogás	Gas natural	Biomasa	Total de emisiones Kg CO2 eq	Total emisiones t CO2 eq por combustibles
2010	7,731,672.00	1,096,319,160.00	-	-	29,877,500.00	1,133,928,332.00	1,133,928.33
2011	7,731,672.00	1,096,319,160.00	-	-	29,936,400.00	1,133,987,232.00	1,133,987.23
2012	14,050,827.00	1,406,968,803.00	-	-	23,459,300.00	1,444,478,930.00	1,444,478.93
2013	6,393,498.00	485,967,537.00	28,667.00	-	14,240,500.00	506,630,202.00	506,630.20
2014	892,116.00	1,649,758,464.00	22,454.00	-	14,510,300.00	1,665,183,334.00	1,665,183.33
2015	594,744.00	1,648,749,105.00	32,100.50	-	18,764,400.00	1,668,140,349.50	1,668,140.35
2016	1,189,488.00	1,597,660,011.00	28,939.50	-	21,705,600.00	1,620,584,038.50	1,620,584.04
2017	669,087.00	890,953,425.00	27,795.00	-	26,738,700.00	918,389,007.00	918,389.01
2018	2,155,947.00	774,877,140.00	26,977.50	-	26,700,700.00	803,760,764.50	803,760.76
2019	743,430.00	1,057,187,088.00	31,065.00	-	27,721,000.00	1,085,682,583.00	1,085,682.58
2020	1,932,918.00	671,534,307.00	23,053.50	-	28,465,800.00	701,956,078.50	701,956.08
2021	1,486,860.00	566,560,971.00	20,819.00	336,927.00	27,958,500.00	596,364,077.00	596,364.08
2022	669,087.00	329,827,464.00	21,800.00	456,255,312.50	27,553,800.00	814,327,463.50	814,327.46
2023	669,087.00	461,121,777.00	22,672.00	1,052,840,720.50	26,909,700.00	1,541,563,956.50	1,541,563.96

La información sobre la energía generada (MWh) fue recopilada a nivel de planta generadora a partir de los boletines de estadísticas eléctricas de la SIGET. Posteriormente, estos datos fueron consolidados por tipo de fuente de generación eléctrica en la Tabla 9, con el fin de facilitar el análisis de la matriz de generación.

Tabla 9. Generación anual de electricidad (MWh) por tipo de fuente energética, período 2010- 2024. Elaboración propia a partir de los boletines de estadísticas eléctricas de SIGET.

AÑO / TIPO DE FUENTE	HIDRÁULICA	GEOTÉRMICA	CENTRALES GNL	CENTRALES OTROS COMBUSTIBLES FÓSILES	BIOMASA	FOTOVOLTAICA	CENTRAL EÓLICA.	TOTAL ANUAL (MWh)
2010	2,078,980	1,427,458	-	2,021,701	179,656	-	-	5,707,795
2011	2,006,126	1,429,973	-	2,177,782	169,251	-	-	5,783,132
2012	1,841,883	1,420,423	-	2,427,587	209,760	-	-	5,899,653
2013	1,784,903	1,442,380	-	2,416,064	228,595	-	-	5,871,942

2014	1,713,029	1,443,861	-	2,462,208	228,630	-	-	5,847,728
2015	1,348,869	1,432,418	-	2,458,508	344,922	-	-	5,584,717
2016	1,257,476	1,467,156	-	2,437,300	394,826	-	-	5,556,758
2017	1,615,006	1,459,935	-	1,275,752	432,958	94,783	-	4,878,434
2018	1,543,695	1,437,253	-	1,171,511	489,882	128,831	-	4,771,172
2019	1,441,596	1,372,792	-	1,711,569	548,194	215,318	-	5,289,469
2020	1,985,361	1,449,967	-	953,587	546,799	496,681	14,083	5,446,478
2021	1,730,781	1,451,602	-	959,768	625,115	563,142	131,785	5,462,193
2022	2,147,434	1,468,000	1,027,119	586,152	551,820	538,616	134,896	6,454,037
2023	1,483,345	1,478,382	2,480,596	711,886	526,198	537,598	166,809	7,384,814
2024	2,111,875	1,455,491	2,126,705	495,431	531,869	542,989	145,781	7,410,141

A partir de esta información se elaboró una gráfica de participación por fuente (Ilustración 3), que permite visualizar de manera más representativa la contribución relativa de cada fuente de energía dentro de la matriz eléctrica nacional y su evolución a través de los años de implementación de la PEN 2010 – 2024.

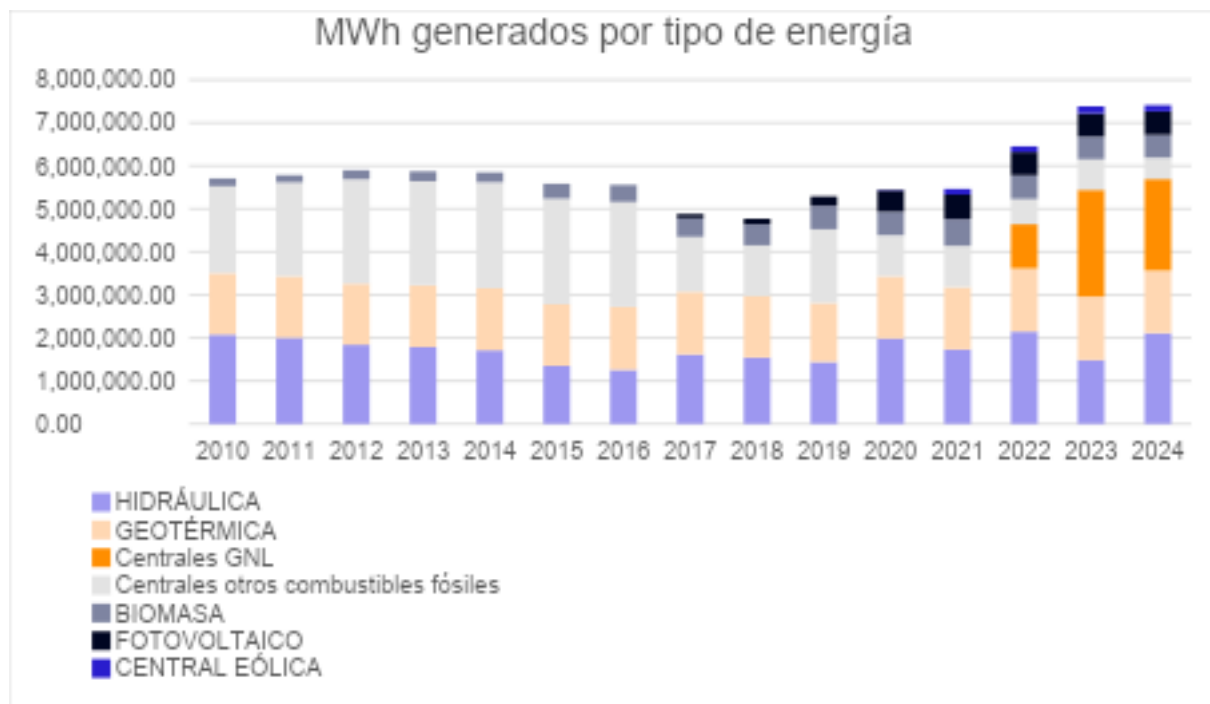


Ilustración 3. MWh generados por tipo de energía - Evolución de la proporción de las fuentes de energía en la matriz de generación eléctrica, período 2010–2024. Elaboración propia a partir de los boletines de estadísticas eléctricas de SIGET.

El gráfico (Ilustración 3) evidencia un desplazamiento progresivo de los combustibles fósiles tradicionales (fuel oil y diesel) en la generación eléctrica a lo largo del período 2010–2024, a partir de 2017, cuando se observa un crecimiento sostenido de las fuentes renovables debido a la entrada de eólica y solar. En los primeros años del período, la generación a partir de centrales térmicas fósiles mantenía una participación relevante en la matriz eléctrica, representando 35.4 % en 2010; sin embargo, esta participación se reduce de manera significativa hasta alcanzar 6.7 % en 2024, como resultado del incremento de la generación a partir de energías renovables (fotovoltaica y eólica), así como de fuentes de menor intensidad de emisiones, como el gas natural. Este cambio estructural en la

matriz eléctrica refleja el efecto acumulado de la expansión de las energías renovables, que ha permitido atender parte del crecimiento de la demanda eléctrica y, simultáneamente, suplir demandas adicionales con generación a partir de gas natural licuado.

De hecho, este recurso sustituyó el papel que la generación fósil tradicional había venido desempeñando como base de repuesta a las presiones mayores de la demanda, como puede observarse en la siguiente ilustración. Lo que justifica que, en el cálculo de la reducción de emisiones, los efectos de la generación con gas natural se evalúen con respecto a el FERE fósil de 2016 y no respecto al del mix de ese mismo año, como se hace con la generación de fuentes renovables.

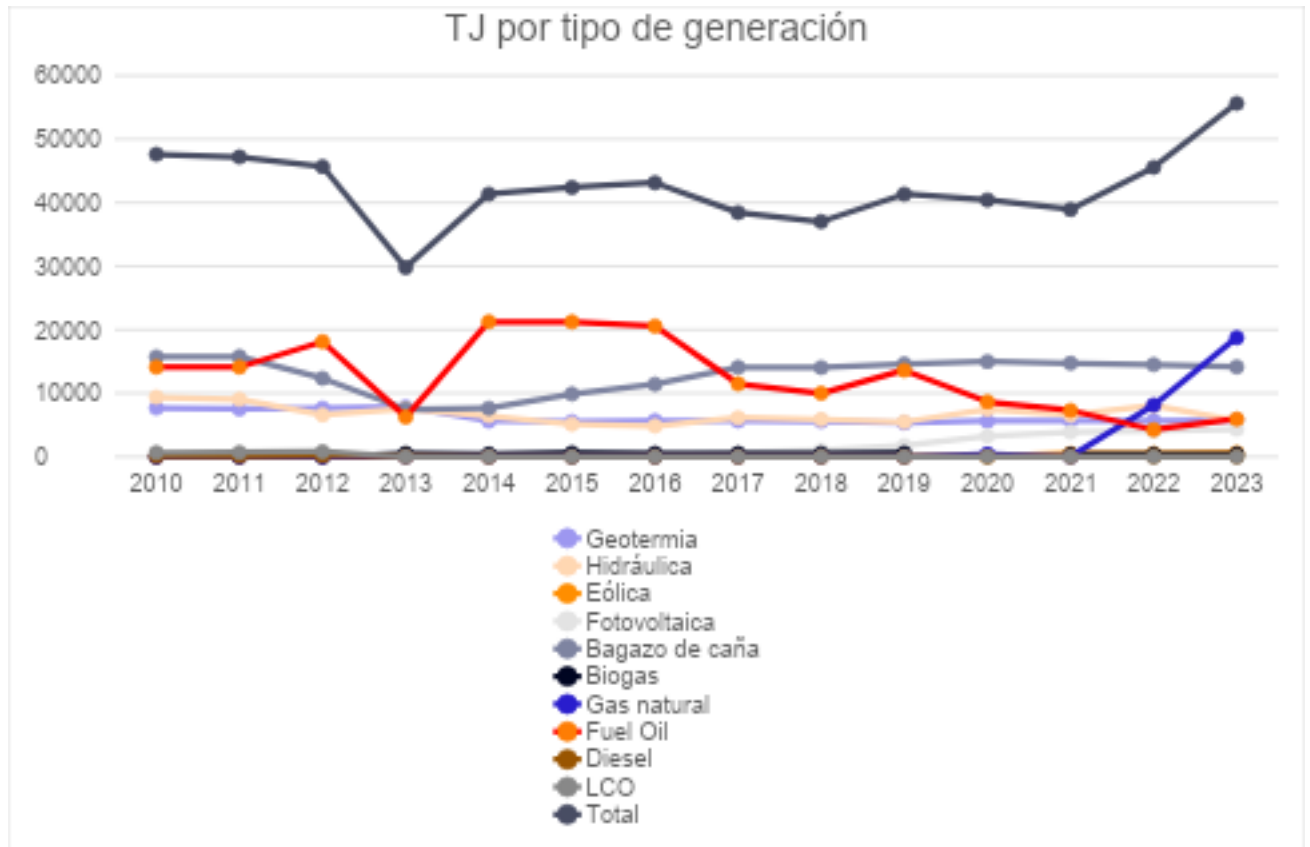


Ilustración 4. Tera Joules consumidos por tipo de fuente. Elaboración propia con datos tomados de los balances energéticos publicados por la DGEHM.

Así, las fuentes renovables y el gas natural evidencian su impacto en una reducción sostenida de las emisiones de GEI del sector eléctrico con respecto a un escenario sin política.

Esta información permitió estimar el factor de emisión de la red eléctrica (FERE) anual, así como un FERE específico considerando únicamente fuentes fósiles. Este ejercicio se realizó con el propósito de determinar el potencial máximo de reducción de emisiones atribuible a la política, bajo el supuesto de que el incremento de la generación renovable hubiese desplazado exclusivamente generación eléctrica proveniente de plantas térmicas a base de combustibles fósiles, sin considerar gas natural; y por otra parte, comparar las reducciones de emisiones GEI por la generación eléctrica con gas natural en comparación con el FERE fósil.

A continuación, se presenta en la siguiente tabla los factores de emisión de la red eléctrica calculados para cada año de implementación de la política (a excepción de 2024 ya que aún no hay balance energético oficial publicado).

Tabla 10. Factores de emisión de la red eléctrica nacional y fósil anuales para el período 2010 – 2023. Elaboración propia.

Año	FERE NACIONAL			FERE Fósil ²⁵		
	Emisiones t CO2 eq	MWh Totales de la matriz eléctrica	FERE Matriz nacional	Emisiones t CO2 eq	MWh Totales de fuentes fósiles	FERE Fósil
2010	1,133,928.33	5,707,795.20	0.1987	1104050.832	2,021,701.00	0.5461
2011	1,133,987.23	5,783,132.30	0.1961	1104050.832	2,177,781.50	0.5070
2012	1,444,478.93	5,899,652.82	0.2448	1421019.63	2,427,586.50	0.5854
2013	506,630.20	5,871,941.89	0.0863	492361.035	2,416,064.20	0.2038
2014	1,665,183.33	5,847,728.42	0.2848	1650650.58	2,462,208.10	0.6704
2015	1,668,140.35	5,584,716.50	0.2987	1649343.849	2,458,508.40	0.6709
2016	1,620,584.04	5,556,758.80	0.2916	1598849.499	2,437,300.40	0.6560
2017	918,389.01	4,878,434.80	0.1883	891622.512	1,275,752.10	0.6989
2018	803,760.76	4,771,172.10	0.1685	777033.087	1,171,511.10	0.6633
2019	1,085,682.58	5,289,469.10	0.2053	1057930.518	1,711,568.90	0.6181
2020	701,956.08	5,446,478.13	0.1289	673467.225	953,587.08	0.7062
2021	596,364.08	5,462,192.86	0.1092	568384.758	959,768.43	0.5922
2022	814,327.46	6,454,036.50	0.1262	786751.8635	1,613,270.94	0.4877
2023	1,541,563.96	7,384,813.61	0.2087	1514631.585	3,192,481.44	0.4744

En la siguiente ilustración se muestran las emisiones correspondientes a cada tipo de combustible tal como se refleja en la tabla 8 por año (2010 – 2023) y se muestra el comportamiento para cada año de los factores de emisión tanto de la matriz nacional como de la matriz fósil.

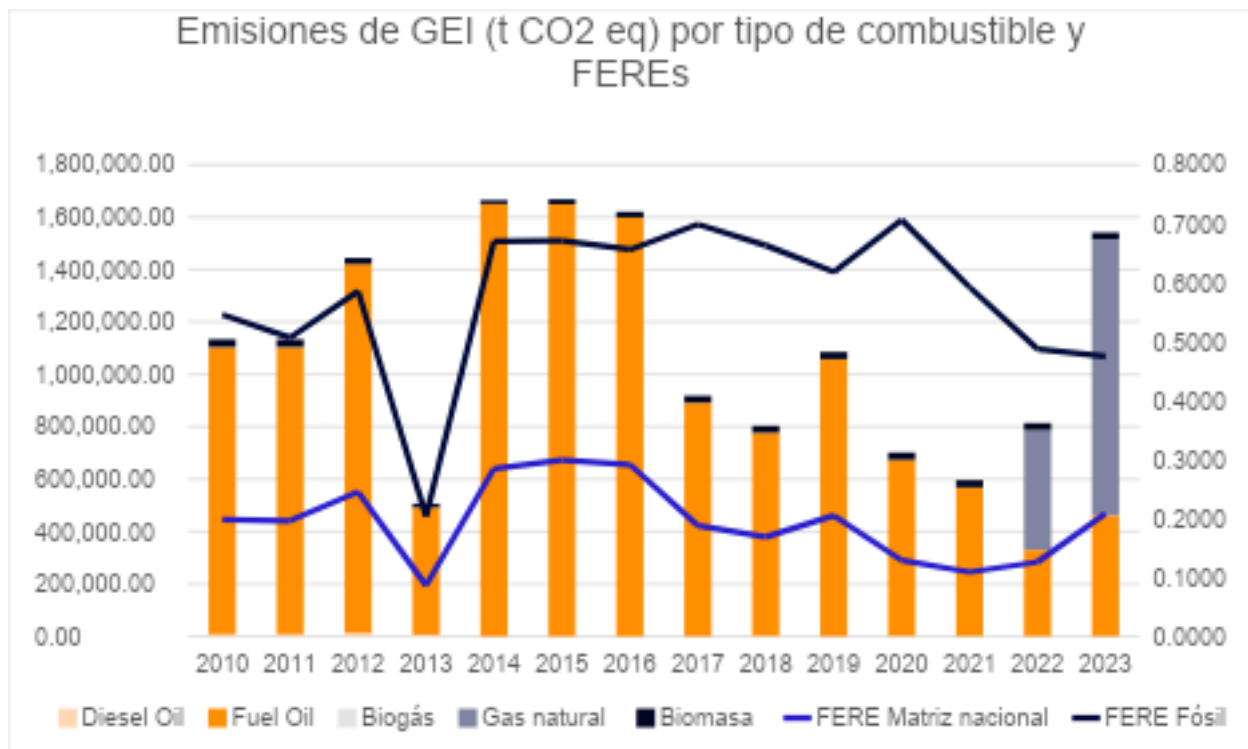


Ilustración 5. Emisiones de GEI por tipo de combustible para la generación eléctrica del mercado mayoristas y factores de emisión para el período 2010 - 2023. Elaboración propia.

La ilustración 5 evidencia una reducción progresiva del FERE fósil a partir de 2021, asociada

²⁵ Para el cálculo del FERE fósil se consideraron únicamente las emisiones y MWh generados por fuel oil, diesel oil y gas natural para de centrales eléctricas de la red mayorista.

directamente a la incorporación del gas natural en la matriz eléctrica. Aunque el componente fósil continúa siendo relevante en la generación, la entrada del gas natural con un factor de emisión menor en comparación con los combustibles fósiles tradicionales, ha modificado la composición interna de la matriz térmica, reduciendo la intensidad promedio de emisiones del segmento fósil. Esto explica la tendencia descendente del FERE fósil en los últimos años, no necesariamente por una eliminación del uso de fuentes fósiles, sino por una sustitución tecnológica hacia opciones relativamente menos intensivas en carbono.

En paralelo, se observa una disminución marcada del consumo de fuel oil, históricamente el principal combustible fósil de la matriz, con mayor claridad entre 2021 y 2023. El desplazamiento del fuel oil por gas natural constituye el cambio estructural más relevante del período reciente, al implicar una reducción del factor de emisión promedio del sistema eléctrico. En este sentido, el comportamiento del FERE fósil refleja una transición intermedia dentro del componente térmico, caracterizada por una mejora en la intensidad de carbono de la generación fósil más que por una descarbonización completa del sector.

Adicionalmente, el comportamiento del FERE de la matriz nacional muestra una tendencia al incremento a partir de 2022, lo cual podría estar asociado al marcado aumento en la tendencia de la demanda de energía eléctrica en ese mismo año a niveles récord, como se aprecia en la ilustración 4. También puede apreciarse, contrastando la curva del FERE de la matriz nacional en la ilustración 5 con la curva de la demanda total de electricidad en la ilustración 4, que los valores del FERE siguen de cerca el comportamiento de la tendencia de la demanda.

Con la salvedad que, a partir de la entrada en operaciones de generación renovable, y especialmente de la estación de gas natural, las alzas de demanda son atendidas con estas energías, desplazando el consumo de fuel oil y, por tanto, atenuando la tendencia al incremento de los valores del FERE de la red nacional, como debe ocurrir debido al descenso observado en los valores del FERE fósil a partir de 2021.

Estimación de la expansión de energías renovables y diversificación de la matriz eléctrica alcanzada

De acuerdo con las recomendaciones de la Guía ICAT, la estimación de la adición de energías renovables alcanzadas se realizó utilizando, en la medida de lo posible, valores monitoreados provenientes de los balances energéticos nacionales y de los boletines de estadísticas eléctricas, los cuales permiten dar seguimiento a la energía eléctrica neta suministrada a la red por tipo de fuente de generación. En este sentido, la adición de energías renovables se estimó en términos de generación eléctrica adicional (MWh), desagregada por tipo de fuente, así como la diversificación de la matriz eléctrica a través de la adición del gas natural (nuevas plantas), como indicadores representativos del efecto de la política sobre el sistema eléctrico de acuerdo a la primera línea estratégica de la PEN 2010 - 2024.

Para la presente evaluación, se contabilizó la expansión de la generación eléctrica a partir de fuentes renovables y de menor intensidad de emisiones, incluyendo la expansión hidroeléctrica asociada a inversión pública, así como la incorporación de energía solar fotovoltaica y eólica, y la generación a partir de gas natural como fuente baja en emisiones de transición a través de procesos de transición de contratos a largo plazo. La información fue consolidada en un gráfico de expansión de la generación de energías renovables (ver Ilustración 5), en el cual se observa que, a partir del año 2017, comienzan a entrar progresivamente en operación los proyectos de energías renovables, incrementándose de forma sostenida en los años posteriores. Este comportamiento refleja la implementación gradual de la política energética y constituye la base para la posterior estimación de los impactos en GEI, al evidenciar el aumento de la generación renovable que contribuye al desplazamiento de generación eléctrica de origen fósil.

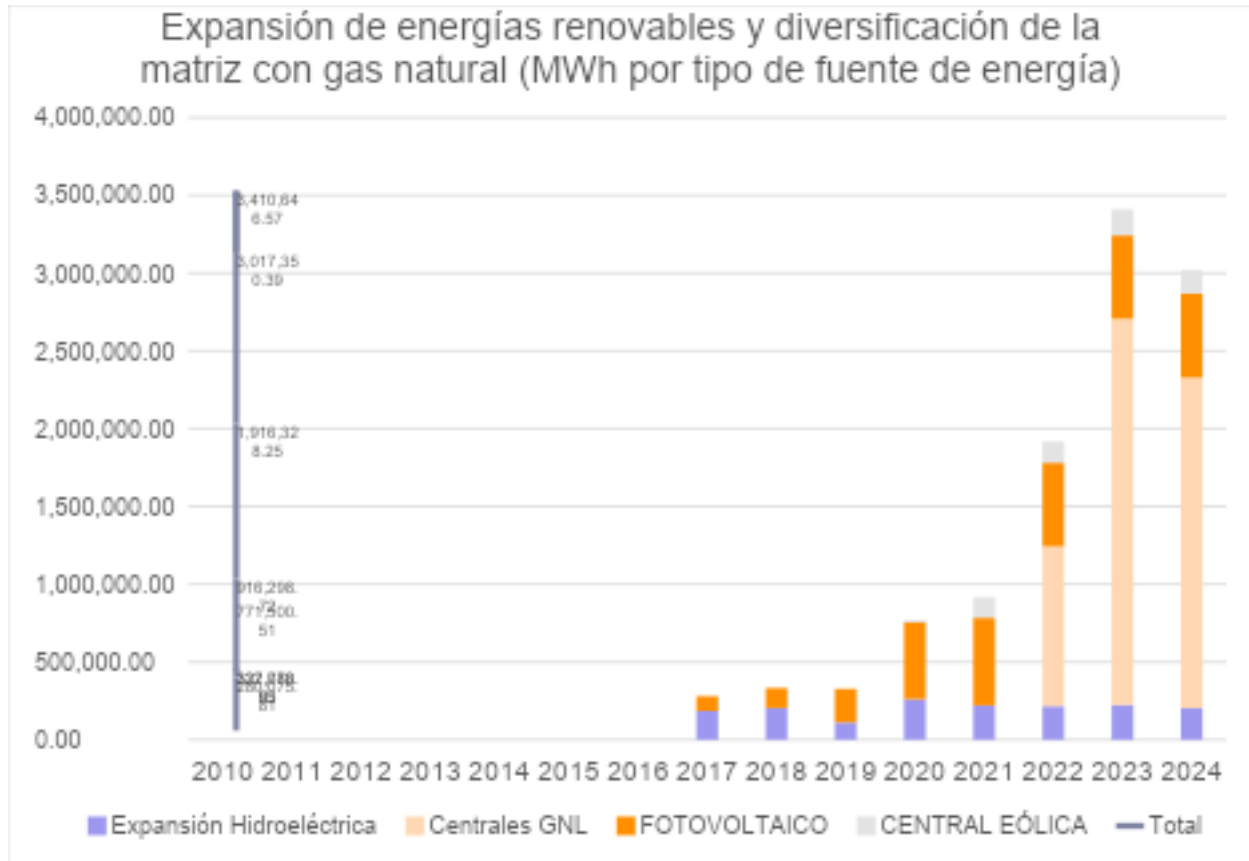


Ilustración 6. Expansión de energías renovables (MWh por tipo de fuente de energía) y diversificación de la matriz energética con gas natural. Elaboración propia a partir de los boletines de estadísticas eléctricas de la SIGET.

Estimación de los impactos GEI

Para la estimación de reducción de emisiones de GEI por efectos de la política, se analizaron dos componentes:

- el primero, estimó la reducción de GEI por expansión de energías renovables utilizando los MWh generados por año (a partir de 2017, dónde inicia la expansión de ER) y el FERE 2016 de la matriz eléctrica nacional,
- el segundo, estimó la reducción de GEI por la adición de gas natural en la diversificación de la matriz eléctrica con el FERE fósil de 2016²⁶.

Para la estimación de la reducción de emisiones de GEI asociada a la expansión de las ER (ver tabla 11), se utilizaron los MWh generados a partir de estas fuentes y el FERE de la matriz nacional correspondiente al año 2016, con un valor de 0.2916 (ver Tabla 10). En este ejercicio, la estimación de las reducciones de emisiones es directa, dado que se asume que la generación eléctrica a partir de energías renovables no genera emisiones de GEI, por lo que su incorporación desplaza las emisiones de GEI en comparación con las que se emitirían utilizando una matriz eléctrica con el factor de emisión de 2016.

²⁶ Se tomó como referencia el año 2016 para ambos FERES, previo a la expansión significativa de las energías renovables en el mix eléctrico.

Tabla 11. Estimación de reducción de emisiones de GEI por expansión de energías renovables. Elaboración propia.

EXPANSIÓN EN MWH GENERADOS POR LA PEN	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
EXPANSIÓN HIDROELÉCTRICA	185292.41	203949.35	111761.23	260736.42	221371.79	215697.55	225644.45	201876.03
FOTOVOLTAICO	94783.4	128831.3	215317.7	496681	563142.04	538615.87	537597.67	542988.58
CENTRAL EÓLICA	0	0	0	14083.09	131784.89	134895.96	166808.86	145781.07
TOTAL MWH GENERADOS POR EXPANSIÓN DE ER	280075.81	332780.65	327078.93	771500.51	916298.72	889209.38	930050.98	890645.68
ESTIMACIÓN DE REDUCCIÓN DE EMISIONES POR ER CON FERE 2016 (t CO₂eq)	81681.8587	97052.8016	95389.9408	225001.922	267231.156	259330.768	271241.892	259749.653
ESTIMACIÓN DE REDUCCIÓN DE EMISIONES POR INCREMENTO DE ER (kt CO₂eq)	81.6818587	97.0528016	95.3899408	225.001922	267.231156	259.330768	271.241892	259.749653

En relación con la estimación de la reducción de emisiones asociada al uso de gas natural (ver Tabla 12), el procedimiento se desarrolló en dos etapas. En primer lugar, se estimaron las emisiones que se habrían generado a partir de los MWh producidos por la central de gas natural licuado, aplicando el FERE fósil de la matriz correspondiente al año 2016, con un valor de 0.6559 (ver Tabla 10), como aproximación a las emisiones por generación fósil convencional. Posteriormente, a partir de los TJ de gas natural reportados en los balances energéticos (ver Tabla 6), y utilizando los factores de emisión del IPCC (ver Tabla 7), se calcularon las emisiones directas asociadas al consumo de gas natural en la generación eléctrica.

La reducción neta de emisiones se estimó como la diferencia entre las emisiones calculadas utilizando el FERE fósil 2016 y las emisiones directas del gas natural, reflejando así el efecto de sustitución de combustibles fósiles tradicionales por gas natural en la generación eléctrica.

Tabla 12. Estimación de reducción de emisiones por diversificación de la matriz eléctrica por gas natural. Elaboración propia.

REDUCCIONES POR DIVERSIFICACIÓN DE LA MATRIZ CON GAS NATURAL	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
CENTRAL GNL (MWH GENERADOS)	0	0	0	0	0	1,027,118.87	2,480,595.59	2,126,704.71
ESTIMACIÓN DE EMISIONES CON FERE FÓSIL 2016 (t CO₂eq)	0	0	0	0	0	673,781.73	1,627,250.80	1,395,101.22
TERA JOULES DE GAS NATURAL	0	0	0	0	0	8,125.00	18,749.00	16,074.20 ²⁷
ESTIMACIÓN DE EMISIONES DEL GAS NATURAL CON FACTORES IPCC (kg CO₂eq)	0	0	0	0	0	456,255,312.50	1,052,840,720.5	902,638,595.42
ESTIMACIÓN DE EMISIONES DEL GAS NATURAL CON FACTORES IPCC (t CO₂eq)	0	0	0	0	0	456255.3125	1052840.721	902638.5954
ESTIMACIÓN DE REDUCCIÓN DE EMISIONES POR DIVERSIFICACIÓN CON GAS NATURAL (t CO₂eq)	0	0	0	0	0	217.5264219	574.4100756	492.462624

Tomando en consideración los dos componentes de reducción de emisiones de GEI como efecto de la PEN 2010 – 2024 por expansión de ER y diversificación de la matriz eléctrica por generación con gas natural, se calculó la reducción total acumulada en el período de implementación de 2,841.079 kt de CO₂ eq.

Tabla 13. Estimación total de reducción de emisiones de GEI como efecto de la PEN 2010 - 2024. Elaboración propia.

Estimación total de reducción de emisiones GEI como efecto de la PEN 2010 - 2024	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	Total de reducciones en el período
Estimación de reducción de emisiones por incremento de ER (kt CO₂eq/MWh)	81.68	97.05	95.39	225.00	267.23	259.33	271.24	259.75	1556.679994

²⁷ Debido a que no se cuenta con el balance energético 2024 publicado, los TJ de gas natural para ese año fueron calculados como una estimación a partir de los datos de MWh y TJ de gas natural de 2023 de manera proporcional.

<i>Estimación de reducción de emisiones por diversificación con gas natural (kt CO₂eq/MWh)</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	217.53	574.41	492.46	1284.399121
<i>Total de reducciones estimadas (kt CO₂ eq)</i>	81.68	97.05	95.39	225.00	267.23	476.86	845.65	752.21	2841.079116

Con estos resultados, se evidencia que la PEN 2010–2024 ha contribuido de manera significativa a la reducción de emisiones GEI, principalmente a través del desplazamiento de la generación térmica fósil tradicional por fuentes de energía renovable y la incorporación de tecnologías menos contaminantes en la matriz eléctrica nacional. Las estimaciones realizadas, sustentadas en información oficial disponible y factores de emisión calculados, confirman la direccionalidad y magnitud esperada del impacto, lo cual permite validar la hipótesis de evaluación planteada: la PEN constituye una PAM de magnitud alta, con un impacto muy probable en la reducción de emisiones GEI.

En este sentido, los resultados obtenidos son coherentes con los objetivos de mitigación del sector energético y permiten afirmar que la PEN es representativa y adecuada para evidenciar la efectividad de la acción pública en el marco de la medida de mitigación de la NDC a la cual da soporte, aun reconociendo las limitaciones inherentes a la disponibilidad y desagregación de la información para las estimaciones del caso.

Paso 4. Monitoreo y reporte

Identificación de indicadores clave de desempeño y parámetros para el monitoreo

La Política Energética Nacional 2010–2024 no estableció de manera explícita indicadores clave de desempeño (KPIs) ni un marco formal de monitoreo con parámetros cuantificables asociados a resultados en mitigación de GEI. En este contexto, la presente evaluación propone un conjunto de indicadores de impacto ex-post, orientados a capturar los cambios observados en el sistema eléctrico y sus efectos en las emisiones de GEI como resultado de la implementación de la política. Estos indicadores no miden el desempeño de la política frente a metas predefinidas, sino que permiten evaluar de manera objetiva los resultados alcanzados, utilizando información histórica y datos monitoreados.

Los indicadores propuestos se construyeron a partir de la información disponible en los boletines de estadísticas eléctricas y los balances energéticos nacionales, los cuales constituyen las principales fuentes oficiales utilizadas para los cálculos de generación eléctrica, consumo de combustibles, factores de emisión y estimación de impactos en GEI.

Indicador de impacto de reducción de emisiones GEI:

- Reducciones netas de emisiones de GEI (t CO₂ eq reducidas), calculado a través de MWh * FERE tCO₂eq/MW.

Entre los principales indicadores de desempeño que podrían utilizarse para la evaluación se incluyen:

- Capacidad instalada añadidas renovable o de menores emisiones.
- Energía eléctrica generada por tipo de fuente (MWh/año);
- Participación porcentual de las energías renovables y bajas en carbono en el mix eléctrico;
- Factor de emisión de la red eléctrica (t CO₂eq/MWh);
- Montos de inversión en energías renovables.
- Licitaciones completadas.
- Montos de exenciones de impuestos aplicados en el marco de la Ley de incentivos fiscales para la generación con energías renovables

Estos indicadores permiten dar seguimiento a la evolución del sistema eléctrico y evaluar de manera consistente los impactos de la política en el tiempo.

Desarrollo de un plan de monitoreo

De acuerdo con la Guía ICAT, un plan de monitoreo para la evaluación de políticas y acciones de mitigación debe definir, entre otros aspectos, el período de monitoreo, los arreglos institucionales y las consideraciones operativas necesarias para asegurar la generación sistemática y consistente de información. Sin embargo, en el caso de la presente evaluación de la PEN 2010–2024, el desarrollo de un plan de monitoreo integral se encuentra limitado por el carácter ex-post de la evaluación, así como por el hecho de que la política no definió desde su diseño un marco de monitoreo con indicadores, responsabilidades institucionales ni procedimientos estandarizados de recolección de datos. En consecuencia, no toda la información requerida para estructurar un plan de monitoreo completo se encuentra disponible de manera sistemática.

En cuanto al período de monitoreo, la evaluación se basa en información histórica correspondiente al período 2010–2024, último año con datos oficiales disponibles, proveniente de los boletines de estadísticas eléctricas y los balances energéticos nacionales. Respecto a los arreglos institucionales, si bien existen instituciones que generan y publican información relevante como la DGEHM y la SIGET, no se cuenta con una estructura formal de coordinación interinstitucional orientada específicamente al monitoreo de los impactos en GEI de la política. Por ello, los roles y responsabilidades, así como las competencias técnicas, se infieren a partir de las funciones institucionales existentes y no de un esquema definido ex-ante para fines de evaluación.

En relación con los métodos, frecuencia y recolección de datos, la evaluación se apoya en métodos ex-post basados en datos oficiales, recopilados de forma anual y consolidados para los fines de esta evaluación. No se dispone de protocolos específicos de aseguramiento y control de calidad (QA/QC) ni de procedimientos formales para el mantenimiento de registros y documentación interna asociados a la política. De igual forma, no se cuenta con información específica sobre recursos financieros asignados al monitoreo, ni con mecanismos formales de mejora continua del sistema de seguimiento.

No obstante, estas limitaciones, la información recopilada y los indicadores de impacto propuestos en esta evaluación constituyen un insumo técnico para el diseño futuro de un plan de monitoreo estructurado para futuras PAMs similares, alineado con la metodología ICAT y con los requerimientos de sistemas MRV. En este sentido, los resultados de la evaluación ex-post permiten identificar brechas de información y oportunidades de fortalecimiento institucional en la incorporación de esquemas de monitoreo más robustos desde etapas tempranas de implementación para otras PAMs.

Monitoreo de los indicadores y parámetros en el tiempo

El monitoreo continuo de los indicadores y parámetros permite reflejar de manera más precisa la evolución real del sistema eléctrico y los impactos efectivos de la política en las emisiones de GEI. La evaluación ex-post evidencia la importancia de dar seguimiento periódico a variables clave, de forma que los cambios observados en la matriz energética y en la intensidad de emisiones puedan ser incorporados oportunamente en las estimaciones, fortaleciendo la transparencia y consistencia de los resultados.

Asimismo, un enfoque progresivo de monitoreo facilita la revisión y el ajuste de los supuestos utilizados. La frecuencia del monitoreo debe definirse en función de la disponibilidad de datos, los recursos institucionales y los requerimientos de reporte, de modo que el sistema de seguimiento se consolide gradualmente como una herramienta útil para la toma de decisiones y el aprendizaje institucional.

Conclusiones y recomendaciones

En primer lugar, a partir de la evaluación se puede valorar la relevancia y eficacia mostrada por la PEN 2010 – 2024 en modificar la trayectoria de la generación eléctrica del país, orientándola hacia los objetivos propuestos y mostrando significativos resultados.

Como principales efectos se identifican:

- a) aumento de capacidad instalada de ER en 457.1 MW y de gas natural, como fuente de diversificación de la matriz, en 378 MW, agregando un valor total de 835.1 MW respecto de la capacidad existente en 2016 (1685.8 MW), representando un incremento porcentual del 49.53%, impactando directamente en la diversificación de la matriz eléctrica nacional con fuentes no disponibles hasta entonces;
- b) en términos proporcionales, la composición por fuentes generadoras de la capacidad instalada existente en 2016, el impacto de la PEN derivó una reducción de la participación de los combustibles fósiles tradicionales (fuel oil y diésel) del 48 al 30%, siendo reemplazado fundamentalmente con plantas de energías renovables (fotovoltaica y eólica, (12%) y de gas natural (15%) (ver gráficos de capacidad instalada en el Excel anexo)

En la participación de esas nuevas instalaciones en la generación de electricidad, el impacto mayor es el de la generación con gas natural, debido a la operación continua de esa planta generadora. La generación de las unidades movidas con fuentes renovables (hidráulica, fotovoltaica y eólica) se produce exclusivamente en las horas y días en que hay disponibilidad de dichos recursos.

De ese modo, la generación total de electricidad producida por el gas natural en el periodo de evaluación (5,634,419.17 MWh), con participación en la generación a partir de 2022, fue ligeramente superior al monto total generado en dicho periodo con todas las plantas de energías renovables introducidas en el marco de la PEN, (5,337,640.66 MWh); las primeras de las cuales empezaron su producción de electricidad en 2017.

Puede apreciarse la generación anual con cada una de las fuentes de energía de la matriz de electricidad en las tablas 11 y 12, mostrándose que la producida con gas natural (tabla 12) supera en poco más del doble a la generación alcanzada por todas las unidades de fuentes renovables (tabla 11).

Tal circunstancia tiene su impacto en el monto total de emisiones de GEI reducidas por efecto de la PEN, que en la hipótesis más realista (generación con renovables que sin política se habría generado con un FERE de 2016, y generación con gas natural que se hubiera producido con el FERE fósil de 2016) alcanzando un valor de 2841.079 kt de CO₂ eq respecto a un escenario sin política, a pesar del aumento significativo en capacidad instalada. Lo anterior debido, fundamentalmente, a que, si bien el gas natural genera emisiones sensiblemente inferiores a las generadas por el fuel oil y o el diésel, siempre son representativas y suman al total de emisiones del sector eléctrico.

En la ilustración 4 puede apreciarse que el gas natural reemplazó el papel que el fuel oil desempeñó tradicionalmente en el país como fuente energética básica para cubrir las presiones e incrementos más significativos de la demanda de electricidad; mientras que también lo hacen las nuevas instalaciones de energías renovables, aunque en proporción menos relevante.

Debe subrayarse, sin embargo, que el impacto calculado de la PEN para la primera de sus líneas estratégicas, en reducción de emisiones de GEI, es mayor al reportado en dicho cálculo, aun si esa mayor reducción no ha sido posible estimarla por falta de datos o de acceso a los mismos en fuentes

públicas. Ese efecto adicional, provendría, por un lado, del significativo ingreso de las energías renovables en el mercado minorista que, entre 2015 y 2024 añadió 477 MW de capacidad instalada fotovoltaica; promovido también por las mismas disposiciones contempladas en la PEN. Tal participación implicó un descenso en la tasa de crecimiento de la demanda en el mercado mayorista, o bien de gas natural, al momento en que esta fuente empezó a reemplazar a las anteriores.

También ha tenido el mismo efecto en la reducción de la demanda los esfuerzos realizados por el CNE/DGEHM dentro de la tercera de las líneas estratégicas de la PEN, Fomento de la eficiencia y ahorro energético. La estimación del impacto de estos esfuerzos no fue posible debido a que no se han venido generado los datos para ello.

Por otra parte, es pertinente destacar el rol determinante que en la eficacia lograda por la PEN cabe a las reformas que se hicieron entre 2010 y 2012 a la Ley General de Electricidad y, en particular, a su Reglamento, creando las condiciones necesarias para ello. Específicamente, en la disposición que mandata la realización de contratos de largo plazo transferibles a tarifa, mediante los cuales se fomentó el desarrollo de las energías renovables y de fuentes fósiles no tradicionales y menos contaminantes (gas natural) en el mercado mayorista.

Lo que pone de relieve que la eficacia y los cambios transformacionales del desarrollo, generados por las políticas, son una función de las condiciones habilitantes articuladas en el marco legal e institucional del país.

El ejercicio de evaluación del impacto en emisiones de GEI, no obstante, debió limitarse o restringirse a una evaluación ex - post de impactos reales o efectivos alcanzados por la política con respecto a un escenario sin política. Esto debido a que, para la PEN en cuestión, como en general sucede con las políticas de desarrollo del país, no se planteó la realización de una evaluación ex – ante de los resultados e impactos que se podía o debía esperar de ella y, de ese modo, poder valorar los logros que ésta finalmente aportó-con respecto a los beneficios que de ésta se anticipó obtener en un principio.

No son menores los beneficios que para la gestión del desarrollo nacional ofrecen las evaluaciones ex – ante de las medidas y políticas públicas, no solo para el establecimiento de su eficacia en reducción de emisiones de GEI sino también para valorar sus efectos económicos, sociales y ambientales. Información que posibilita el refinamiento progresivo del diseño e implementación de las políticas nacionales de desarrollo como instrumentos para eficientizar y optimizar la inversión pública y sus beneficios.

Considerando que los compromisos nacionales asumidos ante el Acuerdo de París ya que incluyen la evaluación de impacto de PAMs en reducción o absorción de emisiones de GEI, y que procesos de capacitación en la materia ya se han emprendido, sería oportuno que, a futuro, las instituciones públicas concernidas valoraran la posibilidad de adoptar las prácticas metodológicas correspondientes a la evaluación de desempeño e impactos económicos, sociales, ambientales y transformacionales de sus políticas de desarrollo.

Anexos.

Anexo 1. Cálculos para la evaluación de la PEN 2010 -2024

Ver documento Excel adjunto.