

[Año]

Documento de Política Nacional de Ciencia,
Tecnología e Innovación
N° **xxxx**

POLÍTICAS DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN ORIENTADAS POR MISIONES – PIIOM

MISIÓN TRANSICIÓN ENERGÉTICA

Bogotá D.C., (13 de diciembre de 2023)
Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación

Yesenia Olaya Requene
Ministra Ciencia, Tecnología e Innovación

María Camila Díaz Casas
Viceministra de Talento y Apropiación Social del Conocimiento

Claudia Consuelo Cepeda
Dirección de Desarrollo Tecnológico e Innovación

Carolina Álvarez Casadiego
Jefe Oficina Asesora Jurídica

Equipo de trabajo / Colaboradores
Alexander Gómez Mejía Experto Externo Misión Transición Energética /Despacho
Ministerial

RESUMEN EJECUTIVO

Colombia tiene una matriz energética primaria basada en su mayor parte en combustibles fósiles, una alta dependencia económica del sector minero-energético y niveles bajos de generación de valor agregado y de productividad. Estas condiciones implican que el país debe llevar a cabo los procesos de transición energética y de reindustrialización de forma gradual, paralela y articulada, haciendo uso del conocimiento, la investigación y la innovación. Para ello se requiere superar las limitaciones o barreras relacionadas con la insuficiencia de capacidades de talento humano, de infraestructura y de articulación y gestión institucional eficientes para la investigación y la innovación en los territorios y en los sectores energético y productivo de bienes y servicios asociado.

En este documento se identifican tres problemáticas relacionadas con los procesos de transición energética y de reindustrialización, en los que se requiere la participación del sistema de investigación e innovación del país, así: i.) insuficiente vinculación de la investigación y la innovación nacionales para reducir los riesgos e impactos de la transición energética sobre la estabilidad del sistema energético; ii.) necesidad de incorporar la investigación y la innovación en la generación de valor en las cadenas productivas de la industria nacional asociada a la transición energética; y iii.) articulación deficiente de los actores institucionales, capacidades estructurales deficientes y gestión ineficiente del sistema de investigación e innovación en el ecosistema energético.

El objetivo general de este documento es desarrollar los lineamientos de las políticas de investigación e innovación orientadas por misiones para la transición energética para enfrentar las barreras enunciadas. Para ello se incluyen intervenciones a nivel territorial e intersectoriales para la creación de servicios, modelos de negocio y desarrollos tecnológicos en las cadenas de valor asociadas a seis tecnologías clave del sistema energético, utilizando la estructura conceptual de los niveles de madurez tecnológica. Este programa tendrá un horizonte de aplicación de 10 años (2024-2034) y las 16 líneas de acción tendrán una inversión cercana a 4,58 billones de pesos, a precios del año 2023. La misión contribuye en el proceso de transformación productiva asociada a la transición energética, en el desarrollo sostenible e incluyente de los territorios y en los procesos de apropiación y aceptación social.

Palabras claves: I+D, reindustrialización, transición energética justa, descarbonización, desarrollo productivo territorial, fuentes renovables de energía **JEL:** O32, O14, O13, O25, Q42

ABSTRACT

Colombia has a primary energy matrix based mostly on fossil fuels, a high economic dependence on the mining-energy sector and low levels of value added and productivity generation. These conditions imply that the country must carry out the energy transition and reindustrialization processes in a gradual, parallel, and articulated manner, making use of knowledge, research, and innovation. This requires overcoming the limitations or barriers related to insufficient human talent, infrastructure and efficient institutional articulation and management capacities for research and innovation in the territories and in the energy and associated goods and services production sectors.

This document identifies three problems related to the energy transition and reindustrialization processes, in which the participation of the country's research and innovation system is required, as follows: i.) Insufficient participation of national research and innovation system to reduce the risks and impacts of the energy transition on the stability of the energy system; ii.) the need to incorporate research and innovation in the generation of value in the productive chains of the national industry associated with the energy transition; and iii.) deficient articulation of institutional actors, deficient structural capacities and inefficient management of the research and innovation system in the energy ecosystem.

The overall objective of this document is to develop guidelines for mission-oriented research and innovation policies for the energy transition to address the barriers mentioned above. This includes interventions at the territorial and intersectoral level for the creation of services, business models and technological developments in the value chains associated with six key technologies of the energy system, using the conceptual structure of technological maturity levels. This program will have an application horizon of 10 years (2024-2034) and the 16 lines of action will have an investment of close to 4.58 trillion pesos, at 2023 prices. The mission contributes to the productive transformation process associated with the energy transition, in the sustainable and inclusive development of the territories and in the processes of appropriation and social acceptance.

Keywords: R&D, reindustrialization, just energy transition, decarbonization, territorial productive development, renewable energy sources

JEL: O32, O14, O13, O25, Q42

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN EJECUTIVO	3
ABSTRACT	4
SIGLAS Y ABREVIACIONES	6
1. INTRODUCCIÓN	7
2. ANTECEDENTES	9
3. JUSTIFICACIÓN	11
4. MARCO CONCEPTUAL DE POLÍTICA	14
5. DIAGNÓSTICO	18
5.1 Insuficiente vinculación de la investigación y la innovación nacionales para reducir los riesgos e impactos de la transición energética sobre la estabilidad del sistema energético	18
5.2 Necesidad de incorporar la investigación y la innovación en la generación de valor en las cadenas productivas de la industria nacional asociada a la transición energética	23
5.3 Articulación deficiente de los actores institucionales, capacidades estructurales deficientes y gestión ineficiente del sistema de investigación e innovación en el ecosistema energético.....	29
6. DEFINICIÓN DE LA POLÍTICA	33
6.1 OBJETIVO GENERAL	33
6.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	33
6.3 PLAN DE ACCIÓN	34
6.4 MECANISMOS DE SEGUIMIENTO Y EVALUACIÓN	40
6.5 RECURSOS RELACIONADOS	40
7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	40
8. ANEXOS	46

SIGLAS Y ABREVIACIONES

AP	Acuerdo de París
ACTI	Actividades de Ciencia, Tecnología e Innovación
ALC	América latina y el Caribe
CO_{2e}	Dióxido de Carbono Equivalentes
CONPES	Consejo Nacional de Política Económica y Social
COP	Conferencia de las Partes
CREE	Centro Regional de Estudio de Energía
DANE	Departamento Administrativo Nacional de Estadística
FAIR	Encontrable, accesible, interoperable y reutilizable (por sus siglas en inglés)
FNCER	Fuentes No Convencionales de Energía Renovable
GEI	Gases de Efecto Invernadero
IDIC	Índice Departamental de Innovación para Colombia
I+D	Investigación y Desarrollo Tecnológico
IRL	Nivel de Madures de Innovación (por sus siglas en inglés)
MME	Ministerio de Minas y Energía
MME	Modernización de la Industria Eléctrica
MNB	Misión Nacional de Bioeconomía
MRL	Nivel de preparación para la fabricación (por sus siglas en inglés)
Mt CO_{2e}	Millones de Toneladas de Dióxido de Carbono Equivalentes
NDC	Contribución Determinada a Nivel Nacional
NEC	Estrategia Nacional de Economía Nacional
PAS	Plan de Acción y Seguimiento
PEN	Departamento Administrativo Nacional de Estadística
PIB	Producto Interno Bruto
PND	Plan Nacional de Desarrollo
ODS	Objetivos del Desarrollo Sostenible
PtX	Potencia a Productos y Energéticos
SAF	Combustibles sostenibles de aviación (por sus siglas en inglés)
SRL	Nivel de Madurez de Social (por sus siglas en inglés)
TEJ	Transición Energética Justa
TLR	Receptor tipo peaje (por sus siglas en inglés)
TRL	Nivel de Madurez Tecnológica (por sus siglas en inglés)
UPME	Unidad de Planeación Minero-Energética
VIP	Vivienda de interés prioritario
VIS	Vivienda de Interés Social

1. INTRODUCCIÓN

La transición energética es un proceso central para cumplir la ambiciosa meta de descarbonización de la economía a nivel global en 2050 y limitar el calentamiento atmosférico a menos de 1,5 °C (Pörtner et al., 2022). El proceso representa un cambio estructural que involucra los contextos político, social, ambiental, económico y técnico de cada país. La interdependencia de estos factores exige que se asuma una perspectiva global para la implementación gradual, segura y efectiva de la transición energética, incorporando criterios para una transición justa en los sectores de la economía y de la población dependientes actualmente de la explotación y la transformación de los recursos de origen fósil y sus mercados. Los procesos de transición energética ocurren por ello en horizontes de tiempo de largo plazo, mediante objetivos cuantificados hasta 2050. Estos horizontes de tiempo superan los períodos de las administraciones políticas democráticas en los niveles nacional y local, por lo cual la transición energética debe concebirse como un proyecto de la sociedad. La magnitud de los objetivos específicos y los plazos para alcanzarlos determinan la velocidad de implementación y los costos de la transición energética. Con este cambio de dirección, la industria energética a nivel mundial se ha diversificado en sus fuentes, se está volviendo mucho más intensiva en infraestructura, compleja, de pequeña escala, intensiva en capital y distribuida entre muchos más actores que antes. Estas características permiten promover también el mejoramiento de las condiciones de equidad energética y la participación de grandes cantidades de nuevos actores como productores y consumidores (prosumidores) dentro del sistema energético.

Colombia ha asumido el compromiso de alcanzar la neutralidad climática en 2050 y por ello enfrenta hoy la necesidad de iniciar la transformación de su economía hacia un futuro sin combustibles fósiles, sustituyendo su uso a nivel doméstico y los ingresos producidos por sus exportaciones. Estas condiciones no solamente representan retos que debe afrontar el país en el inmediato futuro, sino que son oportunidades para promover su transformación productiva, teniendo como uno de sus propósitos el despliegue de las tecnologías limpias y el desarrollo de las cadenas de valor de la industria nacional asociada a las energías renovables. Este gran reto exige que se fortalezcan las capacidades y se mejore la articulación institucional de los actores y la eficiencia de los incentivos del Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación del país para brindar soporte en el desarrollo de la transición energética.

Al 2034, la misión de investigación e innovación de la transición energética plantea garantizar la incorporación de nuevos servicios, modelos de negocio y desarrollos tecnológicos nacionales en la totalidad de los nuevos proyectos energéticos de

generación con las fuentes renovables de energía; de eficiencia energética y en las tecnologías de conversión y usos finales de la energía fabricadas en Colombia en seis áreas estratégicas de innovación identificadas. De esta forma, la misión se articula con las políticas nacionales climática, energética y de reindustrialización. A partir del análisis de la situación actual del sistema energético y de las metas y requerimientos de la transición energética y la reindustrialización, se establecen tres grupos de problemáticas y seis focos críticos de innovación para el desarrollo de la misión. Estos focos toman en cuenta el uso de la energía como un insumo relevante en las cadenas productivas para la generación de valor agregado y abarcan los diversos sectores de consumo; la creación de capacidades de investigación e innovación en los territorios y en el sector industrial y la articulación institucional y la eficiencia del sistema de gestión, así: i.) la transición eléctrica; ii.) la transición del transporte; iii.) la transición de la energía térmica (o del calor); iv.) la eficiencia energética y el acoplamiento del sistema energético; v.) el despliegue del hidrógeno verde y sus derivados (*PtX*) y vi.) las edificaciones sostenibles.

La implementación de los programas y proyectos de la misión utiliza como soporte estructural el fomento de la investigación y la innovación a través del esquema secuencial de los niveles de madurez tecnológica (TRL, por sus siglas en inglés). Estos permiten articular y canalizar los diversos enfoques y niveles del desarrollo incluyendo la investigación básica orientada a la aplicación (TRL 1-4); la investigación aplicada (TRL 4-7) y la investigación e innovación en entornos reales de desarrollo (TRL 7-9). Este esquema también está asociado con los niveles de madurez de manufactura y sociales (MRL y SRL, por sus siglas en inglés, respectivamente). De esta forma se fomenta la articulación de diversos actores sociales y de los sistemas energético, empresarial y de ciencia, tecnología e innovación mediante programas y proyectos estratégicos y se promueve el desarrollo de investigación e innovación en ambientes reales, con amplia participación de los usuarios.

Este documento se compone de cinco secciones adicionales a esta introducción. La segunda sección presenta los antecedentes y la justificación de las políticas de la 'Misión de Investigación e Innovación de la Transición Energética'. En la tercera sección se presenta el marco conceptual, que discute el rol de la investigación y la innovación como soporte para la transición energética y la transformación productiva y la teoría del cambio que es necesaria para su implementación. En la cuarta sección se presenta el diagnóstico con los requerimientos de investigación e innovación para la transición energética mediante las problemáticas identificadas. La quinta sección relaciona la definición de política, que incluye un plan de acción y los mecanismos de seguimiento y evaluación conformado por 3 bloques

de política y 16 líneas de acción que enfrentan los problemas discutidos. En la sexta sección se presentan las recomendaciones al CONPES.

2. ANTECEDENTES

La regulación en los sectores ambiental y energético ha evolucionado para fomentar el cumplimiento de los objetivos climáticos y el proceso de transición energética.

Colombia se ha comprometido mediante su participación en la Conferencia de las Partes y el Acuerdo de París (AP) de 2015 (Acuerdo de París, 2018) a contribuir en la limitación del aumento de la temperatura global por debajo de los 2 °C respecto a los niveles preindustriales, que se definen a través de su Contribución Determinada a Nivel Nacional (NDC, por sus siglas en inglés) (NDC, 2020), la Ley de Acción Climática (Ley 2169, 2021) y la política para la implementación de las acciones (CONPES 4088, 2022). Estos compromisos se ratificaron en la COP26 de Glasgow en 2021, estableciendo como metas principales de Colombia la reducción de sus emisiones en un 51 % para 2030 y el cumplimiento de la carbono-neutralidad en 2050. En 2022 se publica para ello la estrategia climática de largo plazo de Colombia E2050 (Gobierno de Colombia, 2021) para cumplir el Acuerdo de París.

En el sector energético, Colombia comenzó acciones focalizadas para promover el desarrollo y la utilización de las fuentes no convencionales de energía renovable (FNCR), los sistemas de almacenamiento y el uso eficiente de la energía y la integración de esas fuentes al sistema energético en 2014 (Ley 1715, 2014). En 2019, el Ministerio de Minas y Energía promovió la realización de una misión para construir una hoja de ruta para la transformación energética y la modernización de la industria eléctrica (MME, 2021). En 2021 se promulgó la ley para modernizar la legislación vigente, establecer disposiciones para la transición energética y dinamizar el mercado energético a través de la utilización de las fuentes no convencionales de energía (Ley 2099, 2021). En 2022 se publicó la Política Nacional de Transición Energética (CONPES 4075, 2022), que estableció compromisos y acciones actualmente en ejecución para la implementación de ese proceso. En 2022 también se inició la construcción de una

hoja de ruta para la transición energética justa (MME, 2022), que se anunció como parte de la participación de Colombia en la COP27 en 2022. Como parte de la construcción de esta hoja de ruta, durante 2023 se publicó documentación complementaria de diagnóstico y análisis (MME, 2023), que articulan el proceso de la transición energética con las políticas establecidas en el Plan Nacional de Desarrollo 2022-2026, (Ley 2294, 2023).

Estos desarrollos han permitido reorientar las políticas ambientales y energéticas del país, pero aún debe mejorarse la articulación entre ellas y con el proceso de transformación de la economía.

Evolución de la regulación y las políticas para el desarrollo productivo y sostenible. El país ha emprendido estrategias y acciones para promover la producción y el consumo sostenible (Universidad Icesi, 2011), aumentar la productividad y la diversificación de la producción (CONPES 3866, 2016), implementar los Objetivos del Desarrollo Sostenible (CONPES 3918, 2018) y transitar hacia un modelo económico sostenible a través del Crecimiento Verde (CONPES 3934, 2018). Estos desarrollos se complementaron con la expedición de la Estrategia Nacional de Economía Circular (Gobierno de la República de Colombia, 2019), la Misión Nacional de Bioeconomía (MCTI, 2020); y mediante las políticas para la reactivación del crecimiento sostenible e incluyente (CONPES 4023, 2021), para el desarrollo de la economía solidaria (CONPES 4051, 2019), para la internacionalización del desarrollo productivo regional (CONPES 4085, 2022) y para impulsar la competitividad agropecuaria (CONPES 4098, 2022).

Aunque estas políticas han sido favorables para el sector productivo, no asumen de forma estructural la transformación de la economía colombiana basada en la explotación de recursos minero-energéticos.

La evolución del Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación para fomentar el desarrollo sostenible y la innovación transformativa. En 2018 se publicó la Política Nacional de Ciencia e Innovación para el Desarrollo Sostenible mediante el Libro Verde (Departamento Administrativo de Ciencia, 2018) buscando aportar mediante un enfoque transformativo en la solución de los grandes desafíos sociales, ambientales y económicos planteados por los Objetivos del Desarrollo Sostenible (ODS). En 2020, la Misión Internacional de Sabios propuso el desarrollo de misiones para enfrentar tres grandes retos y contribuir desde la ciencia, la tecnología y la innovación en la transformación del modelo de desarrollo del país, enfocándose en las áreas de la biodiversidad; la transformación de la estructura productiva y la equidad (Misión de sabios, 2019). Estas recomendaciones se atendieron mediante la Política Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación 2022-2031 (CONPES 4069, 2021), promoviendo la innovación transformativa y los ajustes interinstitucionales requeridos para favorecer su implementación y las misiones propuestas. De acuerdo con esto y con la relevancia de la innovación para el desarrollo productivo, el Artículo 226 del PND 2022-2026 (Ley 2394, 2023) estableció que la política de Ciencia, Tecnología e Innovación se desarrolle mediante el enfoque de políticas de investigación e

innovación orientadas por misiones y su implementación se realice mediante articulaciones interinstitucionales. La transición energética se incluyó como una de estas misiones.

Otros desarrollos de habilitadores relevantes en este contexto incluyen el mejoramiento de las capacidades de medición de los laboratorios y el mercado de sus servicios (CONPES 3957, 2019); la expedición de políticas para la consolidación del ecosistema de emprendimiento en 2021 (CONPES 4011, 2021) y para la propiedad intelectual (CONPES 4062, 2021), que brindan soporte para el fomento, protección y aprovechamiento de las innovaciones para la productividad del país. De forma complementaria, se han formulado políticas para la transformación digital y la inteligencia artificial (CONPES 3975, 2019) y el comercio electrónico (CONPES 4012, 2020).

Estas políticas ofrecen soporte en el desarrollo de la investigación y la innovación y han permitido avanzar en su articulación con el sistema de competitividad del país, aunque aún se requiere fortalecer su orientación hacia la transformación productiva y las particularidades del proceso de reindustrialización propuesto (CONPES de Reindustrialización, 2023).

3. JUSTIFICACIÓN

Acción climática, impactos económicos y estabilidad del sistema energético durante la transición energética y el soporte de la investigación y la innovación. Los objetivos climáticos tienen una relación directa con el sistema energético por las emisiones de gases de efecto invernadero asociadas a este sector. Esto implica que el diseño e implementación de las políticas ambientales y energéticas deben articularse adecuadamente para garantizar el cumplimiento de sus objetivos. Por una parte, se deben tomar acciones para garantizar el cumplimiento de los objetivos para la reducción de las emisiones de carbono, que en el caso de Colombia corresponden a lograr la neutralidad climática en 2050 (NDC, 2020). Por otra parte, se deben analizar los costos implicados y sus impactos en la economía nacional. La estrategia climática de largo plazo de Colombia E2050 (Gobierno de Colombia, 2021) es un trabajo pionero en el país en esta dirección.

Las características de los sistemas energético y ambiental exigen el soporte técnico y científico especializado para establecer análisis detallados de grandes cantidades de datos, parámetros y sectores, que permitan encontrar compromisos adecuados para la toma de decisiones. Estas condiciones le plantean nuevos retos al sistema de investigación e innovación del país, que requiere integrarse con los sectores ambiental y energético del país para desarrollar procesos y herramientas de planeación de largo plazo a 2050 y contribuir mediante análisis en varios frentes. Estos incluyen el mejoramiento de la eficiencia energética global del país; identificar las vulnerabilidades asociadas al cambio climático y la transición

energética; mejorar la resiliencia y la sostenibilidad del sistema energético y contribuir a garantizar las condiciones de seguridad y soberanía energéticas del país. Estos insumos posibilitan la implementación de la transición energética de forma económica y equilibrada.

En síntesis, se requiere realizar análisis integrales para evaluar continuamente la estabilidad del sistema energético, interrelacionando la economía nacional con los impactos derivados del cambio climático, del cumplimiento de los objetivos climáticos, del proceso de transición energética y del proceso de reindustrialización del país para brindar soporte técnico y científico en el direccionamiento de las políticas públicas y la toma de decisiones.

Proceso de reindustrialización y la generación de valor mediante la investigación y la innovación en las cadenas productivas asociadas a la transición energética. Colombia tiene una alta dependencia económica del sector minero-energético y una baja generación de valor agregado en la producción de bienes y servicios en los diferentes sectores productivos, que han ocasionado bajos niveles de productividad y competitividad. Esta situación implica un problema estructural para la economía del país, que le exige implementar simultáneamente los procesos de transición energética, como uno de los pilares para contribuir en la solución de la crisis climática global, y la transformación de su economía actual, principalmente extractivista.

La solución a este problema es central dentro de las políticas del PND 2022-2026 y se ha formulado mediante la Política Nacional de Reindustrialización (CONPES PRI-borrador, 2023). Esta política aborda cinco ejes estratégicos, que parten de una apuesta transversal por los territorios para desarrollar sus vocaciones productivas, con enfoques de articulación intersectoriales e interterritoriales, agregación de valor e internacionalización desde lo local. También se incluyen cuatro apuestas intersectoriales del orden nacional, que cubren la transición energética justa; la agroindustria y la soberanía alimentaria; y la reindustrialización asociada a los sectores de salud y de defensa.

En la Política Nacional de Reindustrialización (CONPES de Reindustrialización, 2023) se realiza un diagnóstico detallado de las condiciones y factores que han impedido el crecimiento industrial del país y se establece un plan de acción detallado, en el cual la investigación y la innovación desempeñan un papel determinante para la creación de cadenas productivas con alto valor agregado. Esa condición justifica el desarrollo del presente documento para establecer los lineamientos para el soporte requerido de investigación e innovación en la implementación de la apuesta nacional intersectorial de la transición energética justa, que hace parte de la Política Nacional de Reindustrialización (CONPES de Reindustrialización, 2023). Con este propósito, a partir del análisis del sistema energético actual y de las proyecciones que ha desarrollado Minenergía para los escenarios de la transición energética

a 2050 (Ministerio de Minas y Energía, 2023) se identifican posteriormente en la sección del diagnóstico, los focos técnicos críticos para llevar a cabo la transición energética.

Los retos que deben enfrentarse como parte de la transición energética ofrecen al mismo tiempo oportunidades para avanzar en el proceso de reindustrialización del país mediante la diversificación y el aporte de valor agregado en las cadenas productivas. Para ello se requiere desarrollar o consolidar las capacidades de investigación e innovación para la producción de insumos, equipos, tecnologías y servicios asociados a la industria de las energías renovables.

La función habilitadora del Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación para la transición energética y la reindustrialización. El soporte de la investigación y la innovación en la solución de grandes retos para el país, como la transición energética y la reindustrialización, exige fortalecer las capacidades estructurales del Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación. Para ello, deben focalizarse y profundizarse las políticas existentes para responder a los requerimientos específicos de solución a estos retos. De forma global, debe fomentarse eficazmente la articulación entre los actores institucionales de los sistemas de ciencia, tecnología e innovación y el de competitividad y agilizar los tiempos requeridos desde las etapas de investigación hasta la transferencia de las innovaciones a la práctica. También se requiere consolidar el diseño e implementación adecuados del nuevo enfoque de las políticas de investigación e innovación orientadas por misiones, que se estableció por primera vez en el PND 2022-2026 (Ley 2294, 2023).

De forma particular, la Política de Reindustrialización (CONPES Reindustrialización, 2023) le plantea nuevos retos al sistema de investigación e innovación del país en al menos cinco componentes, así: i.) la formación del talento humano para la investigación, considerando el fomento del trabajo colaborativo y en redes y los enfoques diferenciales étnico, de género y territorial; ii.) el desarrollo de nuevos esquemas de gestión y financiación colaborativos, que permitan agilizar los procesos de priorización de tecnologías, protección de la propiedad intelectual y de transferencia y comercialización de los resultados; iii.) el mejoramiento de los sistemas de gestión de la investigación y la innovación a través de procesos y formatos simplificados y ágiles, con soporte digitalizado; iv.) la creación de nuevos esquemas para fomentar el uso de las actividades de investigación e innovación en las empresas colombianas asociadas a la transición energética en todos los niveles de tamaño, su vinculación a los programas ofrecidos, la colaboración entre territorios del país y a nivel regional y global y la consideración de cadenas de valor completas; v.) implementar esquemas de acceso abierto a los resultados de investigación e innovación (siempre que ello

sea posible), de ciencia ciudadana y de participación de las comunidades para mejorar la divulgación, la apropiación y la aceptación social de la transición energética.

En síntesis, Colombia debe resolver tres grupos de problemáticas en investigación e innovación como un componente habilitador para los procesos de transición energética y de reindustrialización, así: i.) insuficiente vinculación de la investigación y la innovación nacionales para reducir los riesgos e impactos de la transición energética sobre la estabilidad del sistema energético; ii.) necesidad de incorporar la investigación y la innovación en la generación de valor en las cadenas productivas de la industria nacional asociada a la transición energética; y iii.) articulación deficiente de los actores institucionales, capacidades estructurales deficientes y gestión ineficiente del sistema de investigación e innovación en el ecosistema energético.

Este documento propone soluciones integrales a estas problemáticas.

4. MARCO CONCEPTUAL DE POLÍTICA

La política se orienta a partir de los enfoques de política industrial orientada por misiones (PIOM). Las políticas orientadas por misiones buscan nuevas soluciones tecnológicas a problemas específicos con un enfoque en los grandes desafíos sociales (Lavarello, et al., 2020). Las PIOM redirigen las acciones de política hacia desafíos o misiones centrales, en donde la contribución para cumplir los objetivos requiere la colaboración e inversión intersectorial (Mazzucato, 2023).

Entre los criterios necesarios para establecer misiones se encuentran: la relevancia social de la misión; una dirección clara y con plazos determinados; ambiciosa, pero no irreal; interdisciplinaria, intersectorial y con múltiples actores; y que involucre múltiples soluciones ascendentes (UCL Commission for Mission-Oriented Innovation and Industrial Strategy, 2019). Mazzucato plantea cuatro elementos básicos para estructurar las políticas orientadas por misiones (POM) (Mazzucato, 2022):

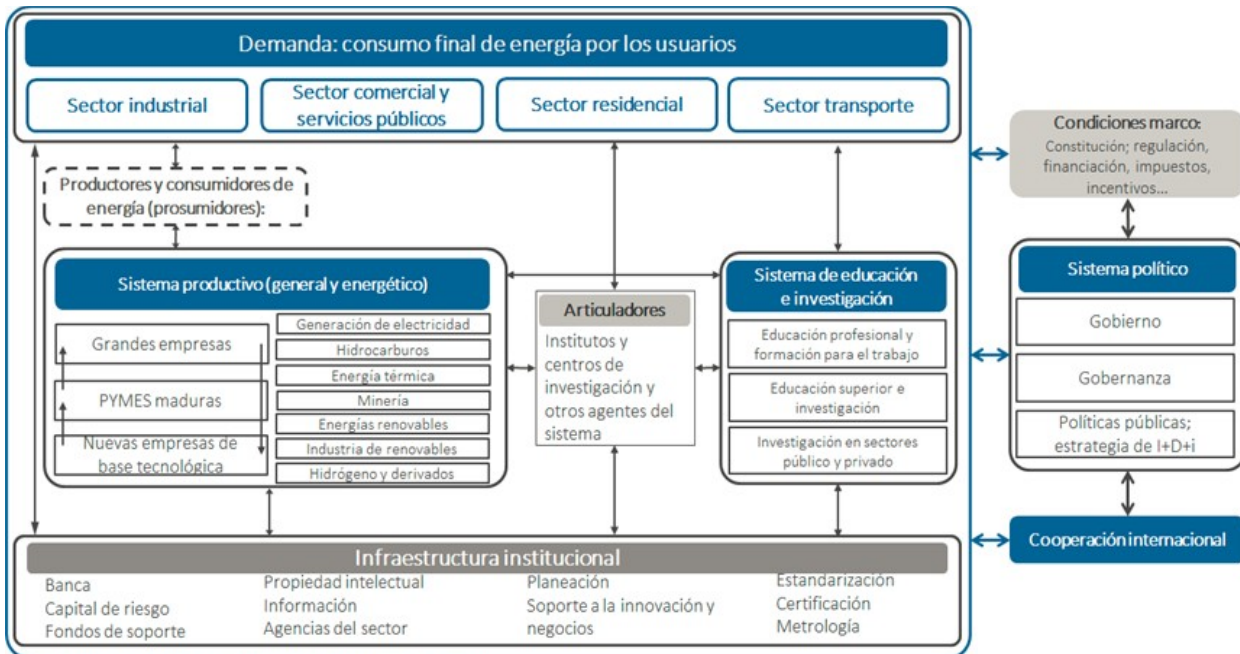
1. La definición de grandes desafíos o retos de la agenda política.
2. Misiones que expresan de manera concreta objetivos ambiciosos, inspiradores, con una clara dirección y que requieren el compromiso y la participación de múltiples disciplinas, sectores y actores públicos y privados.
3. Un portafolio de proyectos de la misión que incentiven la experimentación, la innovación y el trabajo de abajo hacia arriba para el logro de soluciones en tecnociencia al desafío principal.

4. Las rutas de innovación de las POM, por medio de las cuales se organiza el portafolio de proyectos.

En el caso de misiones para la política pública de investigación e innovación de la transición energética, se vuelve central la definición de POM de la OCDE y adoptada por el Minciencia del “Paquete coordinado de políticas de investigación e innovación y medidas regulatorias diseñadas específicamente para movilizar ciencia, tecnología e innovación, con el fin de abordar objetivos bien definidos relacionados con un desafío social, en un marco de tiempo establecido.” (Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación, 2023). Esta coordinación implica la consolidación de proyectos con enfoque intersectorial, que permitan involucrar los sectores productores, consumidores, el sistema político y el sistema de educación e investigación del país, como se observa en el gráfico 1.

La implementación de los programas y proyectos utiliza como soporte estructural el fomento de la investigación, el desarrollo y la innovación a través del esquema secuencial de los niveles de madurez tecnológica (TRL, por sus siglas en inglés), que permiten articular y canalizar los diversos enfoques y niveles del desarrollo. Como se observa en el gráfico 2 y la tabla 1, se pueden desarrollar proyectos y microproyectos, ecosistemas, alianzas, retos de innovación y laboratorios vivos. Son justamente los laboratorios vivos, que responden a los niveles TRL 7 a 9, los que se ubican en un proceso de investigación e innovación en ambientes reales, con implementación de modelos y prototipos que pueden cumplir requisitos para aplicación comercial o ya se encuentran listos. Este nivel de madurez tecnológica es central para el desarrollo de programas y proyectos estratégicos que permitan articular distintos actores para avanzar en investigación e innovación que incida en los procesos de reindustrialización y transición energética.

Gráfico 1. Esquema conceptual con la estructura de los sistemas nacionales de investigación e innovación aplicado para el ecosistema energético.



Fuente: Adaptación de Kuhlmann, S. y Arnold, E.; Fraunhofer ISI y Technopolis, 2001

Fuente: elaboración propia con información de (Technopolis, 2001).

Gráfico 2. Esquema conceptual para el fomento de la investigación y la innovación enfocada en la estructura de los niveles de madures tecnológica (TRL por sus siglas en inglés)

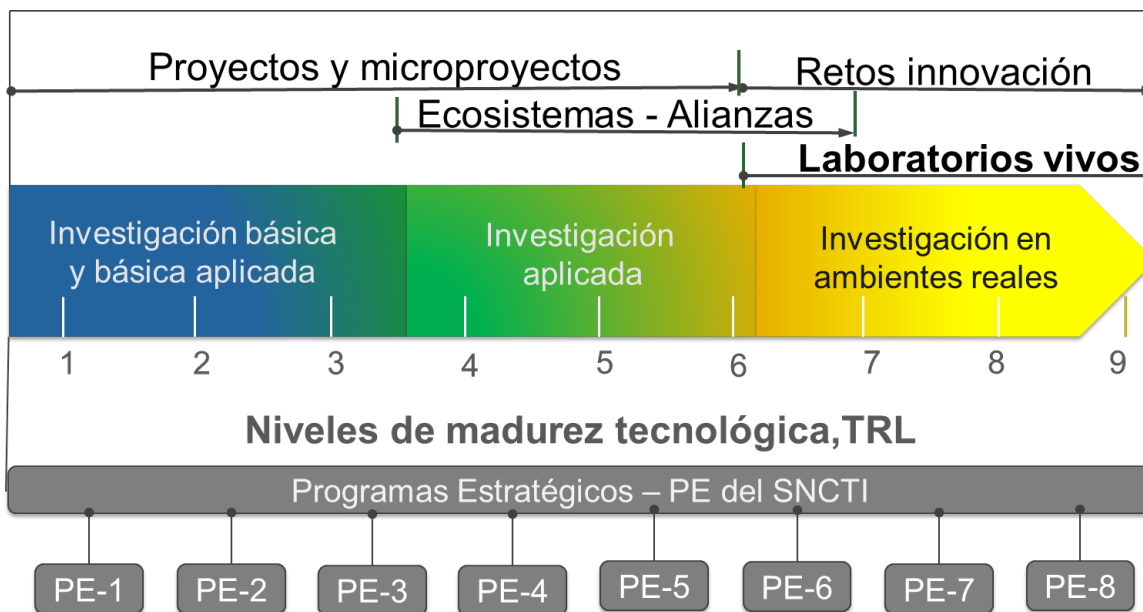


Tabla 1. Programas estratégicos de planeación estratégica y niveles de madurez tecnológica (TRL por sus siglas en inglés).

Programas Estratégicos (CONPES 4069)	PE	Niveles de madurez tecnológica, (TRL por sus siglas en inglés)
PE1. Fomento de las vocaciones científicas en la población infantil y juvenil del país.		TRL1. La investigación científica ha observado un principio fundamental que puede ser elegible para una tecnología/proceso, etc.
PE2. Capacidades de generación de conocimiento, reconocimiento e infraestructura.		TRL2. El modo de funcionamiento y las posibles aplicaciones de una tecnología/proceso, etc. se han formulado en términos científicos.
PE3. Mejoramiento de capacidades y condiciones para la innovación.		TRL3. La función crítica de los elementos individuales de la tecnología/proceso, etc. se ha validado en el laboratorio/entorno de pruebas.
PE4. Mejoramiento de comunicación pública y divulgación CTI.		TRL4. Se ha validado la función general de la tecnología/proceso, etc. en el laboratorio/entorno de pruebas.
PE5. Promoción y fortalecimiento de apropiación social del conocimiento en el territorio.		TRL5. La tecnología/proceso, etc. se ha implantado en un sistema global aplicado y se ha validado su viabilidad general.
PE6. Diseño y evaluación de políticas públicas en CTI.		TRL6. La instalación de demostración funciona en un entorno operativo simulado.
PE7. Cooperación Internacional para el SNCTI.		TRL7. Se ha implantado un prototipo con propiedades sistémicas y se ha probado en un entorno operativo.
PE8. Fortalecimiento de la institucionalidad del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación.		TRL8. El modelo/prototipo comercial está disponible y cumple todos los requisitos para su aplicación final.
		TRL9. Aplicación comercial.

Otra herramienta de planificación básica para el desarrollo de una política pública es la teoría del cambio. Esta articula un camino causal para conducir al objetivo definido, identificando intervenciones estratégicas, el valor agregado de las intervenciones y los indicadores de progreso (Taplin, et al., 2013). En este caso, se construiría la teoría del cambio para diseñar la resolución de las problemáticas y acciones descritas en este documento.

Tabla 2. Teoría del cambio para la política pública de investigación e innovación para la transición energética

Insumos	Capacidad instalada de formación e investigación en el país, infraestructura industrial y de producción de energía e incentivos de inversión para nuevos proyectos con fuentes renovables de energía.
Actividades	Estructuración de proyectos, microproyectos, laboratorios vivos y mecanismos de coordinación y promoción en investigación e innovación nacional.
Productos	Nuevas inversiones en investigación y desarrollo de laboratorios vivos en distintos sectores del ecosistema energético.
Resultados	Aumento del desarrollo de innovaciones y tecnologías nacionales en los procesos de producción energética de fuentes no convencionales.
Impacto	Incorporación de desarrollos tecnológicos nacionales para impulsar los procesos de reindustrialización y transición energética.

5. DIAGNÓSTICO

5.1 Insuficiente vinculación de la investigación y la innovación nacionales para reducir los riesgos e impactos de la transición energética sobre la estabilidad del sistema energético

Problema 1. Capacidades insuficientes para establecer y ajustar continuamente la planeación a largo plazo de la transición energética del país y los territorios a 2050

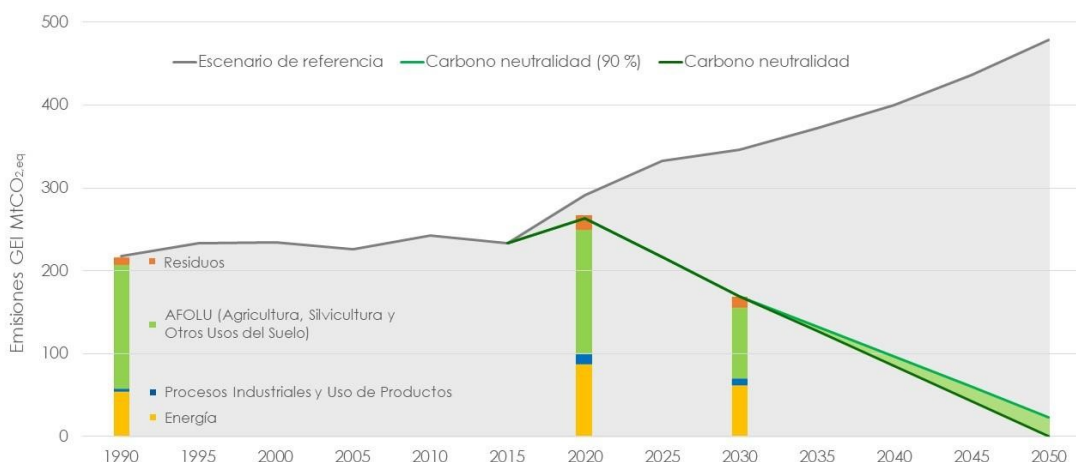
Colombia asumió el compromiso de alcanzar la carbono-neutralidad en 2050. En el gráfico 3 se muestran las emisiones históricas de gases de efecto invernadero en millones de toneladas de dióxido de carbono equivalentes (Mt CO_{2e}) y los escenarios de mitigación proyectados en Colombia a 2050, según los análisis elaborados por la estrategia E2050 (Gobierno de Colombia, 2021). El escenario de referencia corresponde a la proyección de las emisiones si no se tomara ninguna acción de mitigación; la carbono neutralidad al 90 % toma en consideración una compensación del 10 % de reducción de emisiones a través de las absorciones totales y la carbono neutralidad corresponde a la reducción directa del 100 % de las emisiones. Estas emisiones se indican también agrupadas en cuatro grandes sectores y en la **tabla 3** se muestran los valores para el mundo, América Latina y el Caribe y

Colombia en 2019. La participación de Colombia en las emisiones de CO_{2e} para ese año fue del 0,54 % a nivel mundial y del 6,6 % en relación con las emisiones regionales de ALC.

En la actualidad cerca de dos tercios de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) son producidas por 10 países, mientras que los 100 países con menores emisiones producen menos del 3 % total (Climate Watch, 2020). Aun así, los impactos del calentamiento global ocasionado por estas emisiones afectarán de forma diferencial a las regiones costeras y tropicales, aunque estas no correspondan con los mayores emisores de GEI.

Del análisis anterior son relevantes dos diferencias de Colombia, comparativamente con el mundo y su región: por una parte, la participación del sector en las emisiones relacionadas con los cambios en el uso del suelo y la silvicultura es significativamente superior para el país, debido a la deforestación, y por la otra, el sector energético tiene una participación porcentual significativamente inferior en estas emisiones.

Gráfico 3. Emisiones históricas y escenarios de mitigación proyectados en Colombia



Fuente: elaboración propia con información de (Gobierno de Colombia, 2021).

Tabla 3. Emisiones totales de dióxido de carbono equivalentes (CO_{2e}) y distribución porcentual por sectores para el mundo, América Latina y el Caribe (ALC) y Colombia.

Sectores	Mundial		ALC		Colombia	
	Gt CO _{2e}	%	Gt CO _{2e}	%	Mt CO _{2e}	%
Energía	37,61	75,4	1,81	44,5	91,12	33,8
Agricultura	5,78	11,6	1,04	25,6	65,06	24,1
Procesos industriales	3,06	6,1	0,164	4,0	12,85	4,8
Cambio en el uso del suelo y silvicultura	1,79	3,6	0,809	20,0	83,11	30,8
Residuos	1,63	3,3	0,238	5,9	17,41	6,5
Total	49,88	100	4,07	100	269,55	100

Fuente: [Climate Watch, \(2023\)](#)

Problema 2. Baja eficiencia energética global del sistema energético del país

El PIB y el consumo de energía de un país permite establecer un indicador de la intensidad energética, que se utiliza para estimar el desempeño global de la eficiencia energética de un país. A través de métodos de modelación matemática y de planificación intersectorial es posible establecer mediciones confiables para estimar ese índice y utilizarlo para controlar el desempeño energético global. Esto requiere, adicionalmente, que se fortalezca el soporte de digitalización del sistema energético para facilitar la toma de datos en continuo y su análisis.

Problema 3. Riesgos para la estabilidad de la operación del sistema energético y para la seguridad del suministro de energía

Los impactos de la transición energética en la confiabilidad, seguridad y soberanía energéticas del país. Según el Balance energético colombiano del año 2021; el petróleo, el carbón mineral y el gas natural representaron el 90 % de la extracción de 4.341,8 PJ de energéticos primarios; dentro de los cuales, el 60 % de la totalidad de la extracción primaria tiene como fin la exportación (60,7 % carbón y 39,7 petróleo). El consumo final de energía en el país ronda los 1.400 PJ, de los cuales el 69 % de participación resulta en combustibles fósiles como la gasolina, el gas licuado de petróleo, diésel, gas natural y carbón; la electricidad representa el 18,5 % y el uso de biomasa el 13 % (UPME, 2021). Esto exige que se realice un proceso cuidadoso de análisis y planeación para evitar que se afecte la confiabilidad del servicio de energía a los usuarios y se garantice la seguridad energética a mediano y largo plazo del país. Esto se suma a los impactos que se ocasionan regionalmente mediante fenómenos pluri-anales como El Niño y la Niña, que afectan las condiciones de generación de energía a partir de las fuentes renovables. De forma general, deben tomarse en cuenta los impactos sobre el sistema energético ocasionados ante una eventual

dependencia energética de otros países, como se ha evidenciado a partir de la guerra entre Rusia y Ucrania. La diversificación de las fuentes de energía y la implementación de los sistemas de generación de energía distribuida ofrecen soporte para mejorar las condiciones de resiliencia y garantía de la seguridad del suministro en el sistema energético.

Problema 4. Necesidad de mejorar la sostenibilidad del sistema energético

Línea de acción 1.4: Aumentar la sostenibilidad del sistema energético.

Avanzar en la transición de una economía lineal a una circular.

Establecer procesos de producción sostenibles.

Basar las normas de sostenibilidad en investigaciones enfocadas en su preparación y bajo esquemas innovativos (también como las areneras regulatorias).

Problema 5. Incertidumbre sobre los costos para el país de la transición energética

Los impactos económicos de la transición energética debido a las exportaciones. En el **gráfico 4** se presenta la evolución del suministro de energía primaria del país desde 1990 (UPME, 2021). La fracción exportada del total de la energía primaria suministrada en el país se ha ubicado en un rango aproximado entre 45 - 60 % durante la última década¹. La participación de las exportaciones de carbón y petróleo se ubica en un rango entre el 36,4 %- 59,5 % del total de las exportaciones para el país durante ese período de tiempo (Ministerio de Comercio Industria y Turismo, 2023²). En 2019, antes de la pandemia por el COVID-19, la fracción de la energía fósil exportada en forma de carbón y petróleo correspondió al 60 % del total de la energía primaria producida en el país, lo que representó ese año alrededor del 56 % de los ingresos por las exportaciones totales del país³. Estas condiciones muestran que la transición energética implica también una transformación de la economía del país, que debe permitir atender el impacto de estos ingresos y actividades en la economía nacional. Este proceso implica retos regionales para el país, que incluyen los ajustes de la economía asociada a la industria de extracción y procesamiento de estos recursos fósiles, incluyendo el empleo y las regalías asignadas a las regiones por su explotación.

¹ <https://www.iea.org/countries/colombia>

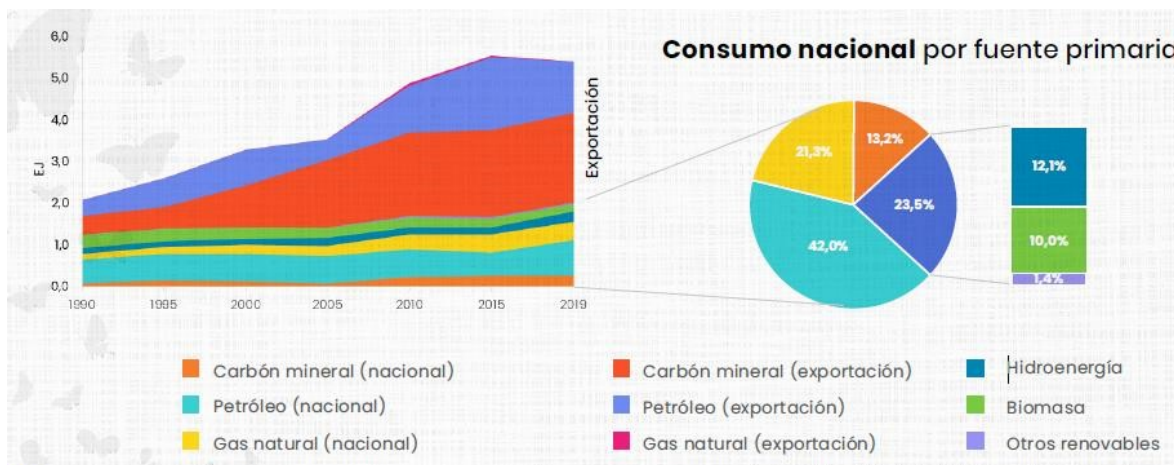
² Ministerio de Comercio, Industria y Turismo. 2023. Exportaciones Colombianas de Producto(s) por Sectores en General Ene-Dic 1991 2022.

³ [DANE, Boletín Técnico de exportaciones, 2019](#)

Los impactos económicos para el funcionamiento de la economía debido a la transición energética. La participación de las fuentes renovables de energía en el suministro de la energía primaria está conformada por energía hidráulica utilizada para la generación de electricidad con el 12,1 %; energía a partir de biomasa con el 10 % y una fracción de solamente el 1,4 % para las demás fuentes renovables de energía, que incluyen las contribuciones de la energía solar fotovoltaica y eólica. Lo anterior es resultado de una capacidad instalada de generación de electricidad de 19,9 GW en el sistema interconectado (SIN), de los cuales el 66 % corresponde centrales hidráulicas, 30 % de centrales térmicas; y 2,5 % corresponden a centrales de generación solares fotovoltaicas o eólicas (XM, 2023); en cuanto a las zonas no interconectadas (ZNI), se reporta una capacidad instalada total 273,5 MW, de la cual el 95 % corresponden a centrales de generación con diésel y el restante de origen renovable (IPSE, 2022).

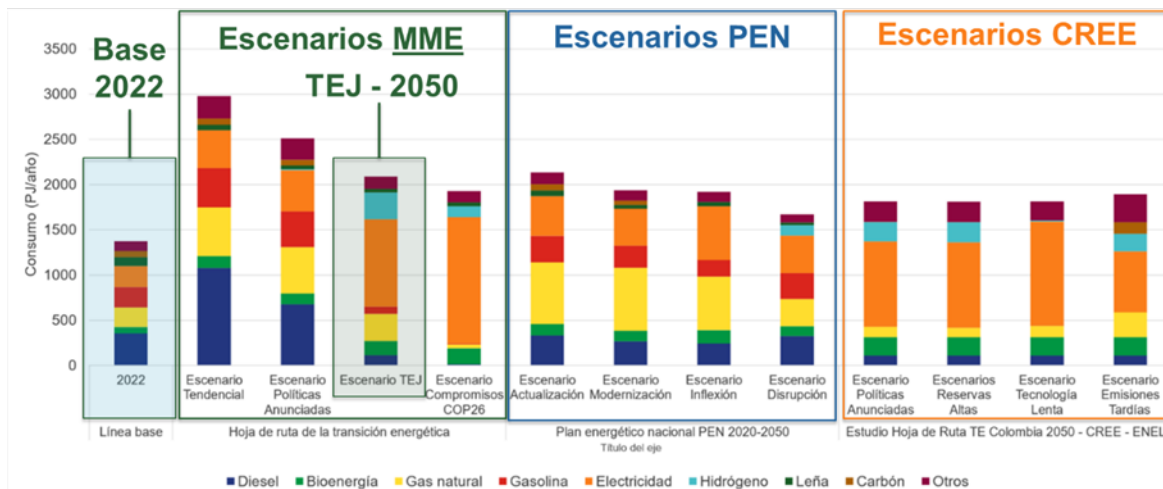
En el **gráfico 5** se muestra la composición de la matriz energética primaria actual del país (para el año 2022) y varios análisis de prospectiva mediante escenarios energéticos a 2050, que incluyen las proyecciones realizadas por el Ministerio de Minas y Energía y el escenario para la transición energética justa (Escenarios MME, 2023). Estos valores ilustran globalmente la magnitud de los retos que se asumen mediante la transición energética para lograr la sustitución del uso de los combustibles fósiles en la matriz energética del país. De forma adicional, se requiere implementar un proceso de transición energética que garantice el suministro de energía final a costos competitivos para todos los consumidores. Esto debe permitir mejorar las condiciones de equidad energética en todos los territorios y convertir a la energía en un insumo de agregación de valor en el sector productivo.

Gráfico 4. Curvas históricas desde 1990 de la energía total primaria por fuentes (izquierda), incluyendo el consumo interno y las exportaciones. En la parte derecha de la figura se presenta la distribución del consumo interno de la energía primaria por fuentes para el año 2019.



Fuente: elaboración propia con información adaptada de (UPME, 2021).

Gráfico 5. Matriz energética primaria y análisis nacionales de prospectiva mediante escenarios hasta 2050 para la transición energética en Colombia.



Fuente: MME; 2023; PEN, 2021; CREE, 2022.

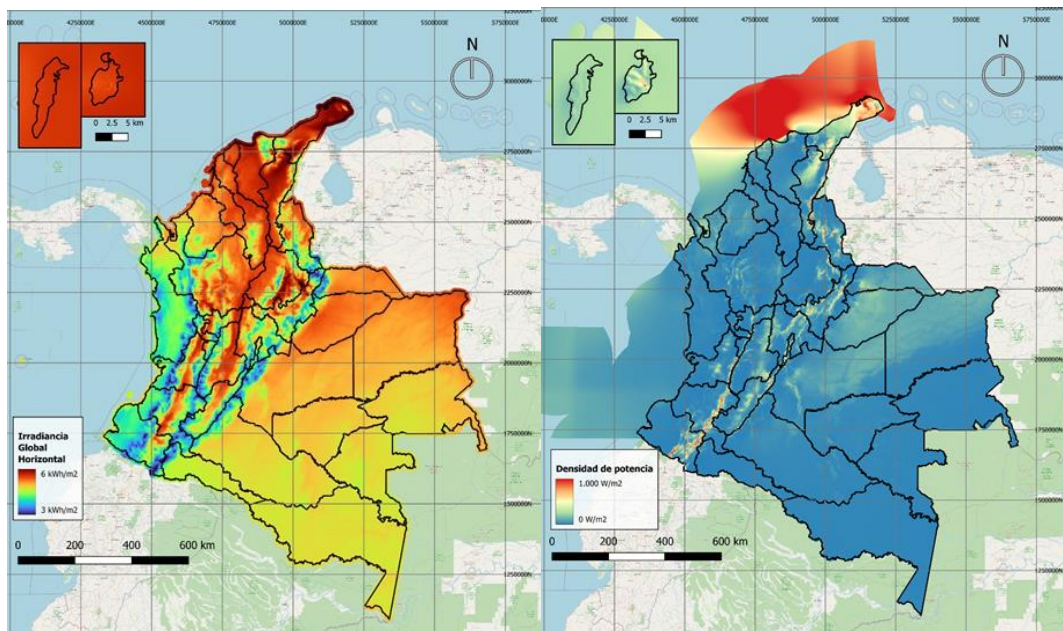
5.2 Necesidad de incorporar la investigación y la innovación en la generación de valor en las cadenas productivas de la industria nacional asociada a la transición energética

A partir del análisis de la sección anterior y de la matriz de la energía final del país y su uso por sectores (ver el **gráfico 9**) se pueden identificar los focos técnicos críticos para llevar a cabo la transición energética, que se describen a continuación.

Problema 6. Baja expansión del uso de las fuentes renovables de energía y del nivel de electrificación del sistema energético. La participación de la energía eléctrica en la matriz de energía final del país asciende actualmente a cerca del 18 % (ver **gráfico 9**) y se planea una participación mayor alrededor del 46 % para el 2050 (ver **gráfico 5**), según el escenario

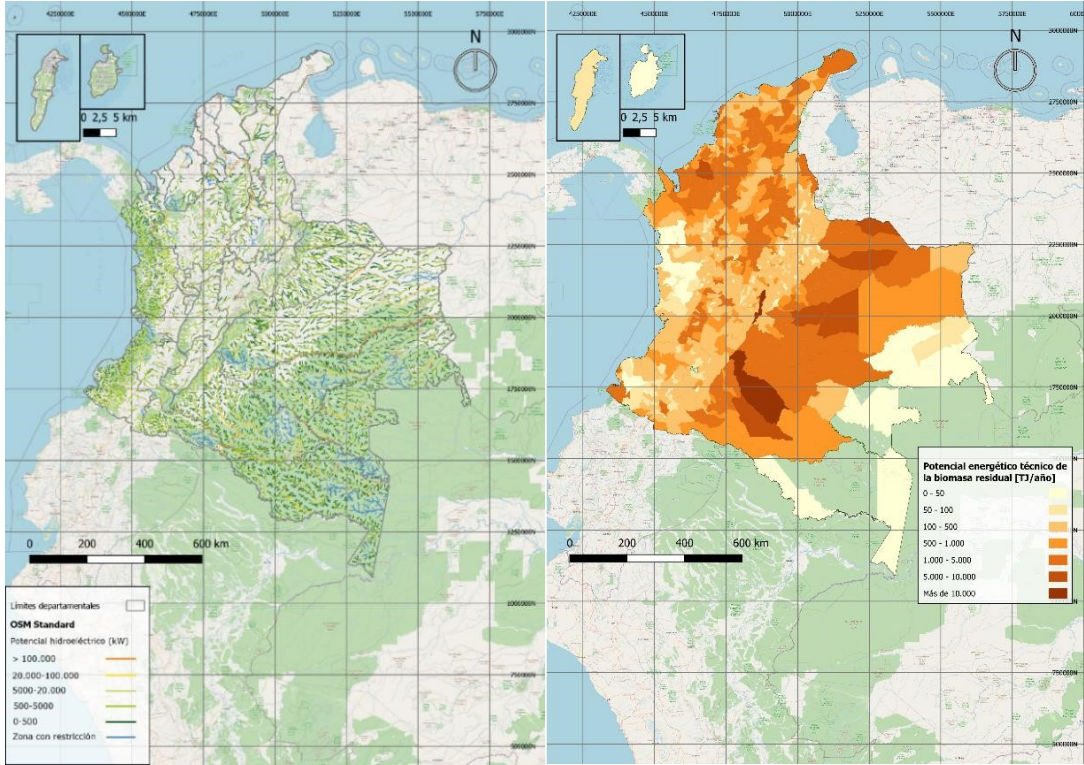
TEJ de las proyecciones del MME (Escenarios MME, 2023). Esta condición exige que simultáneamente se expandan las capacidades instaladas para el aprovechamiento de las fuentes renovables de energía, que ofrecen un potencial elevado en el país (Diagnostico MME, 2023). Los gráficos 6 al 8 muestran los mapas de los potenciales de energías renovables solar fotovoltaico, eólico, hidroeléctrico, de biomasa residual (potencial técnico) y geotérmico que reflejan la posibilidad de realizar una expansión a través de FNCER de la capacidad instalada de generación de electricidad nacional para los retos de la transición energética.

Gráfico 6. Mapas del potencial solar fotovoltaico por irradiación global horizontal (izquierda) y potencial eólico por densidad de potencia a 100 m de altura (derecha) de Colombia.



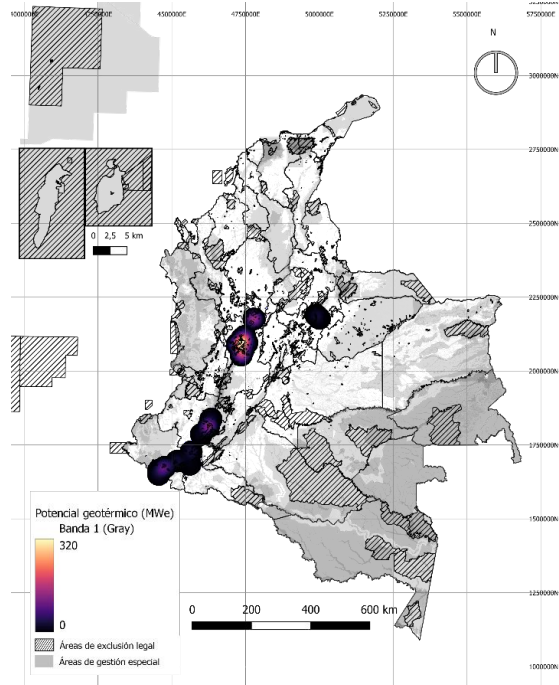
Fuente: (Nexos, 2023)

Gráfico 7. Mapas del potencial hidroeléctrico (izquierda) y del potencial energético técnico de la biomasa residual (derecha) de Colombia.



Fuente: (Nexos, 2023)

Gráfico 8. Mapa del potencial geotérmico de Colombia

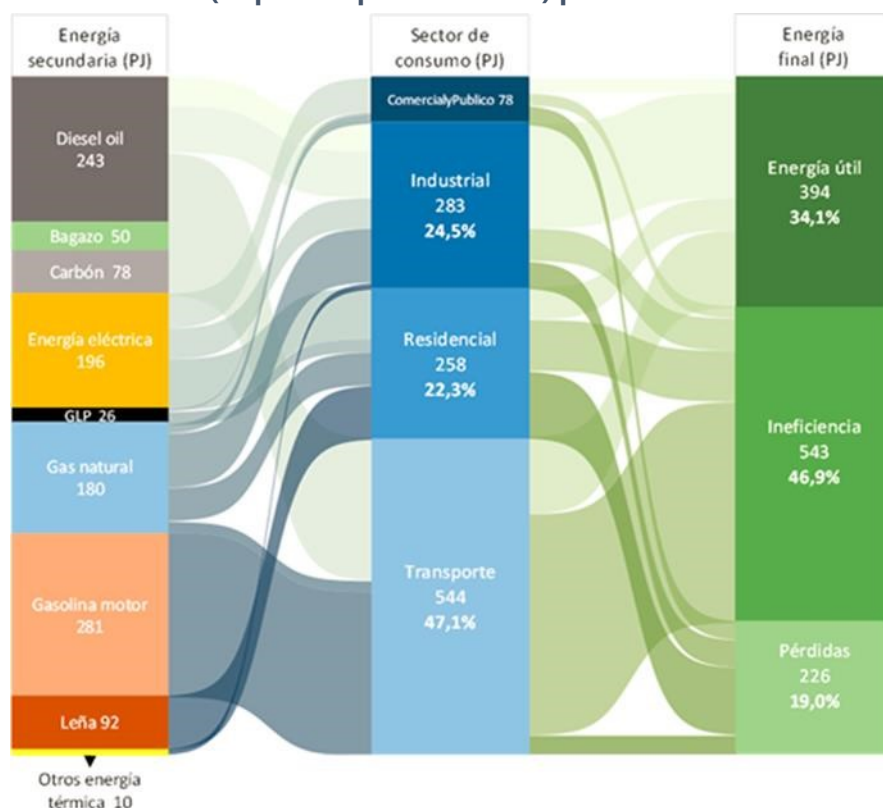


Fuente: (Nexos, 2023)

Problema 7: Elevado consumo energético y dependencia del consumo de combustibles fósiles en el sector transporte

El consumo de energía final por parte del sector del transporte asciende actualmente a más del 40 % del total. Según las estadísticas del RUNT para mayo de 2023, en el país se encuentran registrados 11,2 millones de motocicletas, 7,03 millones de vehículos (en todos los tipos) y 201,5 mil vehículos de maquinaria, remolques o semirremolques (RUNT, 2023). De este parque automotor, se registra que el 30 % tiene un rango de edad entre 0 y 5 años, el 27 % se encuentra entre 6 a 10 años, el 18 % entre 11 a 15 años y el 25 % tiene más de 16 años (RUNT, 2021). Adicionalmente, se tiene que de la totalidad de unidades de este parque automotor, el 93,5 % es impulsado con gasolina, el 4,3 % con diésel, 1,7 % son híbridos, 0,4 % son eléctricos y el 0,1 % restante son impulsados con gas natural (MinTransporte, 2021). Esta situación representa un reto adicional para la electrificación de la matriz energética, de tal forma que posibilite la masificación gradual de la electromovilidad. El país cuenta adicionalmente con oportunidades para la producción de biocombustibles, que pueden seguirse utilizando mediante las tecnologías disponibles para los procesos de combustión interna.

Gráfico 9. Representación del balance energético nacional para la energía secundaria o final (disponible para el usuario) para 2021.



Fuente: elaboración propia a partir de información de UPME, 2021.

Problema 8. Alto consumo de energía en forma de calor en el sector industrial suministrada mayoritariamente por combustibles fósiles. El consumo de la energía térmica representa retos para la transición energética a nivel industrial porque su uso es intensivo en procesos de calentamiento directo e indirecto y debido a las dificultades para la sustitución de los combustibles fósiles en procesos que requieren calor de media a alta temperatura (mayores a 600 °C). En el sector industrial colombiano, la fracción de energía térmica corresponde actualmente a alrededor del 86 % del total de la energía final consumida, de la cual una fracción del 68 % es de origen fósil (UPME, 2021).

Problema 9. Baja eficiencia energética en todos los sectores y aplicaciones de consumo. En el **gráfico 9** se muestra en la barra derecha que una fracción del orden de dos tercios del total de la energía final corresponde a la suma de ineficiencias y pérdidas. Aunque termodinámicamente es inevitable la presencia de este tipo de ineficiencias, esta fracción es alta según el indicador de intensidad energética de Colombia (establecido entre la relación entre el PIB y el consumo de energía). Esta situación ofrece oportunidades para el mejoramiento de la eficiencia energética mediante medidas de optimización de los equipos y procesos existentes en todas las cadenas productivas y de transformación de la energía y mediante costos moderados.

Problema 10. Desaprovechamiento del potencial y oportunidades para desplegar las tecnologías de producción de hidrógeno de bajas emisiones y sus derivados

El despliegue del hidrógeno de bajas emisiones como vector energético ofrece alternativas para su uso en los tres sectores energéticos (eléctrico, térmico y del transporte), en todos los sectores de consumo (ver la columna central en el **gráfico 9**) y en múltiples tipos de aplicaciones. Estas características aportan ventajas para la estabilización operativa del sistema energético del futuro, para su uso en procesos industriales de difícil descarbonización, como insumo en otras cadenas industriales y para la producción de derivados, como los combustibles sintéticos, el amoníaco y los fertilizantes.

Problema 11. Bajos niveles de eficiencia de materiales y energía durante el ciclo de vida de las edificaciones. La eficiencia energética actual en el sector residencial colombiano es baja 21 % (UPME, 2021). En esta situación ejercen influencias la temperatura de los climas cálidos, la antigüedad de las construcciones y las brechas urbanas y rurales. A nivel rural, el consumo de biomasa en labores de cocción (energía térmica) es alta, alcanzando valores promedio del 77 % del total de la energía final consumida (UPME, 2021). De forma adicional, el consumo energético indirecto asociado a los materiales de construcción (como el acero y el concreto) es alto y puede optimizarse hacia el futuro.

En el sector residencial se consumen aproximadamente 15 % del gasto energético total de una vivienda en usos asociados al confort, como lo son la iluminación y la climatización (Ministerio de Minas y Energía, Upme, 2017). Este valor puede aumentar o disminuir dependiendo de la región y las condiciones climáticas, especialmente en la climatización debido a las diferentes temperaturas y condiciones de humedad relativa. En este aspecto es fundamental plantear construcciones con condiciones bioclimáticas que reduzcan el gasto energético dependiente de sistemas y tecnologías que utilizan energía adicional para el acondicionamiento, especialmente en construcciones tradicionales realizadas en Colombia (Harlem et al., 2012).

Asimismo, es importante revisar la inercia térmica de cada material aplicado a las construcciones para generar el confort necesario dentro de las edificaciones, dependiendo de las necesidades del uso final y de la zona climática, aprovechando y aplicando las propiedades de cada material constructivo (Asociación sostenibilidad y arquitectura, 2021). En el contexto colombiano se registra el uso de materiales a través de la historia, dependiendo de contextos culturales y tradicionales, a lo que posteriormente se implementaron materiales industriales como el concreto, casi de manera sistemática (Saldarriaga, 2019). Sin embargo, diferentes materiales presentan condiciones de inercia térmica ligada al confort térmico y al rendimiento de los materiales (Gutiérrez de López, 2003).

Por otro lado, se debe entender las condiciones del mercado de vivienda actual para la implementación de nuevas viviendas, ya que la participación del 64,5 % del mercado actual de viviendas en construcción iniciadas en 2023 se trata de viviendas VIS (Dane, 2023). Con topes de 90 SMMLV para viviendas VIP y 135 o 150 SMMLV para viviendas VIS se debe contemplar soluciones que se encuentren dentro de la capacidad económica del sector para la construcción de viviendas que no superen el tope y generen una rentabilidad al sector. Esto se debe plantear desde la misma concepción de las viviendas y de los proyectos inmobiliarios hasta las soluciones técnicas, espaciales y tecnológicas que se puedan implementar ligadas a la eficiencia energética y bioclimática.

Finalmente se debe contemplar la posibilidad de generación de energía de las edificaciones durante su vida útil para satisfacer parte de su demanda energética y/o aportar con la generación al sistema interconectado nacional (SIN). Los proyectos que implementen soluciones como paneles solares deben contemplar las condiciones de costo-beneficio asociadas a su implementación, teniendo en cuenta el aporte a la sostenibilidad en las edificaciones (Sánchez Hernández, Zúñiga Casallas, 2021). Actualmente en Colombia se sigue fomentando el uso de paneles solares en cubiertas desde proyectos nuevos de vivienda, sin

embargo, se han presentado limitaciones relacionadas con la capacidad de la infraestructura de las edificaciones para la implementación de estos (Guerrero, 2022).

Las soluciones planteadas deben dirigirse a la disminución de emisiones generadas por el sector de las edificaciones, que actualmente en Colombia corresponden a 11,93 KtonCO₂eq, previstas a aumentar a 15,33 KtonCO₂eq en 2030 (Ministerio de Minas y Energía, UPME, 2022). Esto se plantea a partir del cambio de tecnologías en las construcciones, tanto en la concepción como en su vida útil y el uso final, además de la implementación de condiciones apropiadas en cuanto a materialidad, bioclimática, espacialidad y las dinámicas y comportamientos sociales en el uso final.

5.3 Articulación deficiente de los actores institucionales, capacidades estructurales deficientes y gestión ineficiente del sistema de investigación e innovación en el ecosistema energético.

Problema 12. Concentración del talento humano y de las capacidades en investigación y desarrollo en centros urbanos.

Se identifica una distribución desigual del talento humano y las capacidades en investigación y desarrollo (I+D). Esta situación se caracteriza por una concentración predominante de recursos y capacidades en unos pocos departamentos del país, lo cual genera disparidades en la capacidad de investigación e innovación a nivel nacional. El Índice Departamental de Innovación para Colombia (IDIC) del año 2021 indica que solamente dos departamentos, Bogotá-Cundinamarca y Antioquia, han alcanzado un nivel de desempeño alto en I+D (DNP & OCyT, 2022). Estos dos territorios representan el 6,25 % del total de departamentos en Colombia. En la categoría de desempeño medio-alto del índice se encuentran siete departamentos, abarcando el 21,88 % del total, mientras que cuatro departamentos, que equivalen al 12,5 % del total, presentan un desempeño medio. Por otro lado, diez departamentos, representando el 31,25 % del total, se ubican en la categoría de desempeño medio-bajo, y nueve departamentos, correspondientes al 28,13 % del conjunto, exhiben un bajo desempeño en I+D (DNP & OCyT, 2022).

De acuerdo con el IDIC de 2021, se observa una brecha significativa en la producción de conocimiento y tecnología en el país. Bogotá-Cundinamarca se destaca como la única región con un desempeño alto en este indicador. Por contraste, el 71,88 % de los departamentos, especialmente aquellos ubicados en el sur de Colombia, se encuentran en el grupo de producción de conocimiento media-baja y baja (DNP & OCyT, 2022). Este desequilibrio en la distribución y el desempeño en I+D limita el progreso general del país en los campos de ciencia, tecnología e innovación. Asimismo, estas diferencias subrayan las brechas existentes

y restringen las oportunidades de las regiones para mejorar su competitividad y capacidad de innovación.

Los datos del Sistema General de Regalías (SGR) de Colombia dan cuenta una distribución geográfica y de género desigual en los proyectos de investigación, desarrollo tecnológico e innovación financiados por el Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación en 2022. Se identifica una concentración de estos proyectos en áreas geográficas específicas, el 47 % de los proyectos se desarrollaron en Bogotá y Antioquia (Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación, 2022). Este patrón sugiere una centralización de la investigación y la innovación en determinadas regiones del país. Adicionalmente, en convocatorias específicas relacionados con temas energéticos, más del 60 % de los proyectos se ejecutaron en Antioquia (43,5 %) y Bogotá (17,4 %), lo que refuerza la noción de la existencia de un fenómeno de concentración geográfica (Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación, 2022).

Respecto a la brecha de género, los datos indican una disparidad en los roles de liderazgo en estos proyectos. En 2021, el 40 % de los integrantes de los grupos de investigación eran mujeres, pero solo el 34,5 % ocupaban roles de liderazgo, y menos del 1 % eran intersexuales (Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación, 2022). Este patrón se repite en el sector; en 2022 sólo el 13 % de los proyectos financiados a través de convocatorias específicas relacionadas con temas energéticos fueron liderados por mujeres (Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación, 2022). Esta tendencia destaca la predominancia masculina en puestos de liderazgo en proyectos de investigación relacionados con la transición energética.

Otro aspecto notable es la concentración de jóvenes investigadores en Colombia. Aproximadamente el 40 % de ellos se concentran en tres regiones: Antioquia (9,31 %), Valle del Cauca (11,38 %) y Bogotá (18,87 %). Esta distribución sugiere una centralización del talento joven en áreas específicas, lo que puede influir significativamente en la distribución y el desarrollo de la investigación y la innovación en el país.

Este análisis subraya la necesidad de diseñar e implementar políticas públicas orientadas a equilibrar la distribución del talento y las capacidades en I+D a nivel nacional. Se evidencia la importancia de abordar las desigualdades tanto geográficas como de género en la distribución de recursos y oportunidades de investigación e innovación en Colombia.

Problema 13. Falta de esquemas colaborativos de financiación para gestionar la innovación. En el ámbito de las actividades de ciencia, tecnología e innovación (ACTI), la inversión, expresada como porcentaje del producto interno bruto (PIB), disminuyó de un valor de 1,04 % en 2021 al 0,89 % en 2022. En particular, al analizar únicamente la inversión en investigación y desarrollo (I+D) como porcentaje del PIB, se observa una tendencia

decreciente desde el 2019, alcanzando un valor del 0,21 % en 2022. Este descenso en la inversión podría tener consecuencias directas en el avance y la implementación de tecnologías innovadoras necesarias para impulsar la transición hacia fuentes de energía más sostenibles (OCyT, 2022).

En lo que respecta a los recursos empleados en las ACTI, se destaca la importancia de comprender y estabilizar las contribuciones. Existe una fuerte presencia de recursos públicos y privados, cada uno aportando alrededor del 50% y se presenta un aporte de alrededor del 2 % de recursos internacionales (OCyT, 2022).

Al examinar las entidades ejecutoras de los proyectos, se observa que los centros de investigación y desarrollo tecnológico son predominantes, representando aproximadamente el 45 %. Le siguen las empresas, entidades gubernamentales e instituciones de educación superior, cada uno con alrededor del 20 %. A continuación, se encuentran las instituciones privadas sin fines de lucro al servicio de las empresas, con un 2 %. Por último, los hospitales y clínicas, así como las ONG, asociaciones y agremiaciones profesionales, tienen un porcentaje del 0,7 % y 0,36 % respectivamente. Este panorama refleja la diversidad de actores que participan en la ejecución de proyectos, destacando la necesidad de aumentar la participación de aquellos ya involucrados e incorporar nuevos participantes (OCyT, 2022).

En 2022, se financiaron 236 proyectos de I+D+i a nivel nacional, 80 % ejecutados por entidades privadas y el 20 % por entidades públicas. El eje cafetero lideró con el 29 % de los proyectos, mayormente ejecutados por entidades privadas, seguido por Bogotá con el 25 %, donde predominaron empresas e instituciones educativas. La región caribe ocupó el tercer lugar con el 17 %, seguida por la región centro oriente con el 14 %, abarcando empresas, instituciones educativas y centros de investigación. La región pacífica, centro sur y de los llanos contribuyeron conjuntamente con el 14 %, resaltando la prevalencia de iniciativas privadas (Minciencias, 2022).

A pesar de la amplia cobertura geográfica, algunos departamentos como Cesar, Norte de Santander, Vichada, Guainía, Guaviare, Vaupés, Amazonas, Putumayo y San Andrés no registraron proyectos. Esto impacta el desarrollo en ciencia, tecnología e innovación en estos territorios y obstaculiza su contribución al progreso general del país. Fomentar la participación de diversos sectores y la asociatividad entre los diferentes actores, así como los territorios en los proyectos es esencial para avanzar en la transición energética del país.

Se deben identificar nuevos esquemas financieros e instrumentos que impulsen e incentiven a los sectores a participar en las iniciativas de la transición energética como beneficios fiscales, bonos orientados a energías alternativas, figuras de contratación o asociaciones público-privadas, entre otros, para financiar los proyectos

Problema 14. Esquemas de financiación insuficientes o inadecuados para la investigación y la innovación. La inversión en ACTI como proporción del Producto Interno Bruto (PIB) ha permanecido consistentemente por debajo de la meta del 1,5 % establecida en el Plan Nacional de Desarrollo 2018-2022. Según el Observatorio Colombiano de Ciencia y Tecnología (Guevara Rey & Niño, 2022), esta inversión ha fluctuado entre 0,53 % y 1,02 % en los últimos tres periodos presidenciales, mostrando una brecha significativa respecto al objetivo propuesto. A pesar de la contribución de recursos tanto del sector privado (49,29 %) como del público (48,45 %), la inversión total resulta insuficiente para fortalecer adecuadamente las capacidades en I+D y fomentar la innovación a nivel nacional.

Los recursos del Sistema General de Regalías - Fondo de Ciencia, Tecnología e Innovación (SGR-FCTel), introducidos como una nueva fuente de financiación, no han generado nuevos impulsos significativos (Guevara Rey & Niño, 2022). En cambio, han reemplazado otras fuentes públicas, lo que ha conducido a una reducción progresiva de la proporción de ACTI y I+D financiada con recursos públicos (Guevara Rey & Niño, 2022).

Además, existe una notable disparidad territorial en la inversión en ACTI, con una concentración de recursos en regiones como Bogotá, que representa el 40,17 % de la inversión nacional en ACTI (Guevara Rey & Niño, 2022). Esta concentración de recursos en áreas con mayor acceso a recursos humanos, financieros, tecnológicos y de infraestructura agudiza la desigualdad y limita el desarrollo equitativo de capacidades científicas y tecnológicas en todo el territorio nacional (Guevara Rey & Niño, 2022). Además, los trámites requeridos en los formatos de financiación pueden constituir una barrera para que algunas personas y grupos accedan a las fuentes de financiamiento existentes.

Para superar estos desafíos, se debe revisar y propender por aumentar la inversión total en ACTI e I+D, así como mejorar la equidad en la distribución de recursos. Esto incluye la creación de incentivos para la generación de nuevos formatos competitivos y enfoques experimentales para la financiación de proyectos, así como la implementación de procesos y formatos ágiles para facilitar el acceso a financiación para la investigación y la innovación.

Problema 15. Capacidades débiles o inexistentes en ciencia, tecnología e innovación industrial que permitan la creación de cadenas de valor asociadas al sistema energético. En la actualidad, el país carece de una industria plenamente desarrollada para la fabricación de los componentes necesarios en los sistemas de generación de energía renovable, por lo que debe importarlos lo que incrementa los costos asociados a la transición. En este contexto, Thermowire se destaca como la primera empresa nacional dedicada a la fabricación de paneles solares. Su planta de producción, equipada con tecnología alemana, opera de manera automatizada y ofrece una manufactura totalmente colombiana para la creación de módulos solares personalizados (Thermowire, 2017).

Este tipo de empresas son un ejemplo para impulsar este tipo de cadenas productivas en las diferentes tecnologías de renovables. Es crucial destacar que Colombia cuenta con los minerales necesarios para la manufactura de diferentes equipos, y para aprovecharlos plenamente, se requiere de tecnología e innovación industrial para desarrollar cadenas de producción de manufactura. Este enfoque no solo fortalecerá la autosuficiencia del país en el ámbito de energías renovables, sino que también fomentará el crecimiento de la industria y la innovación en el sector.

Problema 16. Falta de conocimiento y aceptación social de los proyectos relacionados con transición energética. La ejecución de proyectos relacionados con la transición energética ha enfrentado ciertas dificultades, principalmente derivadas de la falta de aceptación social y de conocimiento por parte de las comunidades. Esta carencia de respaldo ha generado obstáculos significativos, provocando la eventual insostenibilidad de algunos proyectos. Además, la limitada apropiación de los proyectos se manifiesta en la escasa comprensión de las comunidades respecto al mantenimiento necesario, lo que contribuye a su discontinuación.

Estas dificultades subrayan la importancia de establecer estrategias de comunicación efectivas y programas educativos que fomenten la participación activa de las comunidades en la planificación y ejecución de proyectos relacionados con la transición energética. Es esencial que los proyectos se diseñen de manera inclusiva, teniendo en cuenta las necesidades y realidades específicas de cada territorio, para garantizar una implementación exitosa y sostenible en el tiempo. Por otro lado, resulta indispensable capacitar a los miembros de las comunidades para llevar a cabo los procesos de mantenimiento de manera autónoma y participativa en el desarrollo de los proyectos. Esta capacitación es crucial para que las comunidades puedan apropiarse efectivamente de dichos proyectos.

6. DEFINICIÓN DE LA POLÍTICA

6.1 OBJETIVO GENERAL

Garantizar la incorporación de nuevos servicios, modelos de negocio y desarrollos tecnológicos nacionales en los nuevos proyectos energéticos de generación con las fuentes renovables de energía; de eficiencia energética y en las tecnologías de conversión y usos finales de la energía fabricadas en Colombia para impulsar los procesos de reindustrialización y transición energética.

6.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

OE1. Realizar análisis, evaluación y optimización técnica y científica de la transición energética a través de la investigación y la innovación nacionales para reducir los riesgos e impactos sobre la estabilidad del sistema energético.

OE2. Crear nuevos servicios, modelos de negocio y desarrollos tecnológicos nacionales con valor agregado mediante la investigación y la innovación en sectores clave de la industria energética para su incorporación en cadenas productivas.

OE3. Mejorar la articulación de los actores institucionales, las capacidades estructurales y la gestión del sistema de investigación e innovación para fortalecer y agilizar la transferencia de sus resultados y tecnologías a entornos reales en el ecosistema energético.

6.3 PLAN DE ACCIÓN

El Plan de Acción y Seguimiento (PAS) contiene 16 acciones. Estas acciones deberán ejecutarse entre 2024 y 2034.

6.3.1 Estrategia de investigación e innovación para reducir los riesgos e impactos de la transición energética en la estabilidad del sistema energético

Línea de acción 1.1. Desarrollar y ajustar continuamente la visión, las metas y las rutas para la implementación de la transición energética a 2050.

- Seguir desarrollando y actualizando la visión y las metas del sistema energético a 2050.
- Definir y evaluar las rutas para alcanzar el sistema energético objetivo.
- Aumentar las oportunidades de participación en el futuro sistema energético.

Línea de acción 1.2. Mejorar la eficiencia global del sistema energético.

- Iniciar el desarrollo aplicado de métodos de modelación y planificación intersectorial.
- Realizar pruebas y validaciones intersectoriales.
- Impulsar la digitalización del ecosistema energético.

Línea de acción 1.3. Garantizar la resiliencia y la seguridad del suministro en el sistema energético.

- Diversificar las fuentes para el suministro energético.

- Identificar y reducir las vulnerabilidades del sistema energético.
- Reducir la dependencia de materias primas críticas, reforzar la soberanía tecnológica.
 - Tecnologías para la prevención de crisis; desarrollar la prevención y la gestión.

Línea de acción 1.4. Aumentar la sostenibilidad del sistema energético.

- Avanzar en la transición de una economía lineal a una circular.
- Establecer procesos de producción sostenibles.
- Basar las normas de sostenibilidad en investigaciones prenormativas.

Línea de acción 1.5. Implementar la transición energética de forma económica, gradual y en equilibrio.

- Aumentar la eficacia y reducir los costos de la transición energética.
- Apoyar modelos empresariales y comunidades energéticas innovadoras.
- Modelar los mercados de energía.

6.3.2 Estrategia para la creación de valor mediante la investigación y la innovación en el ecosistema energético

Ruta de innovación de la transición eléctrica 2.1:

Línea de acción 2.1.1: Generar de electricidad con fuentes renovables de energía de forma eficiente y sostenible.

- Producir electricidad con fuentes renovables de energía mediante el concepto de comunidades energéticas en entornos reales.
- Desarrollar y probar en entornos reales tecnologías complementarias para la producción de electricidad renovable (como sistemas de almacenamiento de energía; sistemas híbridos; cogeneración de potencia y calor.
- Mejorar la sostenibilidad y la aceptación social de tecnologías para la transición eléctrica (desarrollo de análisis del ciclo de vida ajustados a las condiciones de Colombia).

Línea de acción 2.1.2: Desarrollar redes eléctricas con estabilidad para garantizar la fiabilidad energética a los usuarios.

- Desarrollar servicios auxiliares para la red eléctrica y

- Mejorar la planificación y el funcionamiento de la red y construir el Plan de Estabilidad de la Red Eléctrica para operar de forma segura y robusta con energías renovables (variables).
- Desarrollar los recursos operativos de la red bajo condiciones descentralizadas.

Línea de acción 2.1.3: Utilizar y almacenar la electricidad eficientemente.

- Aumentar la eficiencia energética en los sectores comerciales e industriales.
- Desarrollar tecnologías de almacenamiento de electricidad.

Línea de acción 2.1.4: Despliegue y articulación eficiente la generación y consumo descentralizado de electricidad – Programa de comunidades energéticas residenciales, comerciales e industriales en el país.

- Sistemas de control para ofrecer flexibilidad en la generación distribuida y nuevos esquemas tarifarios.
- Desarrollos e implementación de contadores inteligentes con seguridad operativa y de los datos.
- Desarrollo de modelos de negocio innovadores y sostenibles mediante los esquemas de generación distribuida y las comunidades energéticas.

Eje de acción de la transición del transporte 2.2:

Línea de acción 2.2.1. Incrementar el uso de la movilidad activa y otros medios que contribuyan a evitar el tráfico mediante el transporte tradicional.

- Modelación y análisis de las ‘ciudades de 15 minutos’ según el contexto colombiano.

Línea de acción 2.2.2. Desarrollo de modos de transporte públicos con mejor desempeño sostenible, incluyendo el ferrocarril y los medios fluviales.

- Desarrollos de movilidad fluvial sostenible en la Amazonía.

Línea de acción 2.2.3: Mejoramiento de la eficiencia energética y utilización de combustibles sintéticos (inclusive del hidrógeno y los biocombustibles) neutrales en gases de efecto

invernadero (incluye el desarrollo de esquemas de biorrefinería y de Combustibles Sostenibles de Aviación, SAF).

Línea de acción 2.2.4. Implementación de la electromovilidad con las tecnologías asociadas para su uso (incluyendo las celdas de combustible dónde sea viable) (Nota: aquí se incluye el esquema de 'retrofit' a híbridos o eléctricos).

- Desarrollos y pruebas en entornos reales de transporte público con 'retrofit'. ■
Desarrollo de vehículos eléctricos (de dos ruedas).

Línea de acción 2.2.5. Desarrollo y puesta a prueba de infraestructura resiliente para la electromovilidad.

- Desarrollos y pruebas en entornos reales de sistemas de almacenamiento y carga eléctrica para vehículos.

Eje de acción de la transición térmica (o del calor) 2.3:

Línea de acción 2.3.1. Sustitución del uso tradicional de biomasa en labores de cocción en hogares por otros medios de calentamiento renovables o implementar tecnologías adecuadas y eficientes energéticamente para el uso de la biomasa en estas aplicaciones.

Línea de acción 2.3.2: Sustitución gradual del uso de combustibles fósiles en procesos de calentamiento en la industria mediante fuentes de origen renovable o sostenible y mejoramiento de la eficiencia de estos procesos, especialmente mediante el uso de biomasa y residuos, esquemas de biorrefinerías e hidrógeno y combustibles sintéticos (donde sea necesario).

Línea de acción 2.3.3: Desarrollo de sistemas de distritos térmicos residenciales, comerciales e industriales y mejoramiento de la eficiencia de los procesos de enfriamiento, refrigeración y climatización.

Eje de acción de la eficiencia energética 2.4:

Línea de acción 2.4.1. Sustitución gradual del uso de combustibles fósiles en procesos de calentamiento en la industria mediante fuentes de origen renovable o sostenible y mejoramiento de la eficiencia de estos procesos, especialmente mediante el uso de biomasa y residuos, esquemas de biorrefinerías e hidrógeno y combustibles sintéticos (donde sea necesario).

Línea de acción 2.4.2. Mejoramiento de la eficiencia energética en el sector transporte.

Línea de acción 2.4.3. Mejoramiento de la eficiencia energética en los sectores residencial y comercial y de servicios públicos.

Eje de acción del hidrógeno de bajas emisiones y sus derivados 2.5:

Línea de acción 2.5.1. Producción de hidrógeno verde y sus derivados de forma eficiente y sostenible.

Línea de acción 2.5.2. Producción de hidrógeno de bajas emisiones y sus derivados de forma eficiente y sostenible (hidrógeno de bajas emisiones diferentes al hidrógeno verde).

Línea de acción 2.5.3. Desarrollo y puesta a prueba de infraestructura resiliente para la cadena de valor del hidrógeno (almacenamiento, transporte y distribución), incluyendo el uso de la infraestructura existente del gas natural.

Línea de acción 2.5.4: Desarrollo, puesta a prueba y mejoramiento de la eficiencia para el uso del hidrógeno mediante celdas de combustible y procesos de combustión en turbinas y motores de combustión interna.

Línea de acción 2.5.5: Convertir procesos industriales relevantes al uso de tecnologías eficientes del hidrógeno.

Eje de acción de las edificaciones sostenibles 2.6:

Línea de acción 2.6.1. Diseñar y construir vivienda de interés social (VIS y VIP) con altos estándares de sostenibilidad y eficiencia en el uso de materiales y energía durante la construcción y su vida de servicio.

Línea de acción 2.6.2. Incorporar criterios de bioclimática en las nuevas edificaciones y adaptaciones en las existentes para mejorar su eficiencia energética.

Línea de acción 2.6.3. Incorporar el uso de energía solar fotovoltaica en las nuevas edificaciones y adaptaciones para su uso en las existentes.

Línea de acción 2.6.4. Mejorar la eficiencia energética de las edificaciones a través de la digitalización y los cambios de comportamiento social.

6.3.3 Estrategia de articulación y gestión eficiente de la investigación y la transferencia de los resultados a la práctica

Línea de acción 3.1. La formación de talento humano para la investigación y la innovación (desarrollo de capacidades en los territorios y en la industria).

- Jóvenes investigadores en proyectos con financiación.
- Pasantías de investigación y capacitación para crear modelos de negocios (emprendimiento).
- Redes de investigación e innovación para la transición energética.
- Enfoque diferencial étnico y de género para la transición energética.

Línea de acción 3.2: Consolidar esquemas de gestión de la innovación mediante nuevos mecanismos colaborativos de financiación.

- Desarrollar nuevos esquemas para la explotación de los resultados de los proyectos y promover su realización.
- Crear mecanismos para la preparación, priorización de rutas tecnológicas con diversificación y selección de proyectos orientados a la aplicación (en campos, TRL y riesgos).

Línea de acción 3.3: Utilizar procesos y esquemas ágiles (plazos de ejecución cortos) para la investigación y la innovación.

- Continuar desarrollando los procesos y esquemas de financiación de proyectos. (microproyectos; corta duración; registro oportuno de avances, como esquema de evaluación y seguimiento; atracción de empresas MyPymes y *start-ups*).
- Nuevos esquemas competitivos y enfoques experimentales para la financiación de proyectos, con la creación del programa de laboratorios vivos para realizar desarrollos en entornos de aplicación real y la consolidación del esquema de retos de innovación para el sector industrial y en los territorios. ■ Financiación ágil de proyectos.

Línea de acción 3.4: Aprovechar el potencial de innovación tecnológica y crear y ampliar las cadenas de valor.

- Promocionar los fabricantes colombianos y las colaboraciones de investigación con ALC.
- Considerar cadenas de valor completas del sistema energético
- Garantizar el desarrollo de capacidades para la producción de energías renovables en Colombia.

Línea de acción 3.5: Aumentar la aceptación y las oportunidades de uso del conocimiento mediante los esquemas de la ciencia abierta.

- Aumentar la proporción de publicaciones de acceso abierto en los proyectos financiados
- Fomentar el acceso abierto y esquemas FAIR para publicación de datos obtenidos en proyectos de investigación.
- Aumentar la proporción de proyectos financiados con ciencia ciudadana o participación ciudadana.

6.4 MECANISMOS DE SEGUIMIENTO Y EVALUACIÓN

El seguimiento al desarrollo de las acciones propuestas en este documento para el cumplimiento de los objetivos se realizará a través del Plan de Acción y Seguimiento (PAS; Anexo A). En ese Anexo A se señala las entidades responsables, los tiempos de ejecución y los indicadores de cumplimiento, con las respectivas metas para el cumplimiento del objetivo general de esta política. El reporte periódico al PAS se realizará por las entidades correspondientes y responsables de cada acción.

La presente política será aplicable entre 2024 y 2034. Su seguimiento se hará de manera semestral, con el reporte de inicio en junio de 2024 y el de cierre, con corte al 30 de diciembre de 2034.

6.5 RECURSOS RELACIONADOS

Se contempla preliminarmente un costo de \$ 4,58 billones de pesos constantes del año 2023 para desarrollar las acciones planteadas en la política pública durante 10 años (2024-2034). Estos costos se presentan de forma detallada para las acciones incluidas en el Plan de Acción (ver el Anexo A). El monto total y la distribución interinstitucional final saldrá de reuniones y consultas con los ministerios que se ejecutan acciones conjuntas con el Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Libros y artículos

- Aldunate, E. y Córdoba, J. (2011). Formulación de programas con la metodología de marco lógico. (CEPAL, Ed.) Serie Manuales(68). Obtenido de [enlace](<http://unpan1.un.org/intradoc/groups/public/documents/uneclac/unpan045744.pdf>)
- Andesco. (2022). E2050 Colombia: Una visión de futuro para el sector de servicios públicos domiciliarios y las TIC. [Documento PDF]. Recuperado de <https://andesco.org.co/wpcontent/uploads/2022/12/E2050-COLOMBIA.pdf>
- Asociación sostenibilidad y arquitectura. ASA. (2021). MANUAL DE APLICACIÓN DE LA INERCIA TÉRMICA. IECA. Instituto español del cemento y sus aplicaciones.
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE). (2023). Vivienda Vis y NO VIS. Obtenido de [enlace](<https://www.dane.gov.co/index.php/en/statistics-by-topic1/construction/vivienda-vis-y-no-vis>)
- Departamento Administrativo de Ciencia. (2018). Libro Verde 2030 : Política Nacional de Ciencia e Innovación para el Desarrollo Sostenible.
- Departamento Nacional de Planeación (DNP) & Observatorio Colombiano de Ciencia y Tecnología (OCyT). (2022). Índice Departamental de Innovación para Colombia – IDIC, 2021. [Enlace](https://www.innovamos.gov.co/sites/default/content/files/000070/3451_idic-2021--final_v3_compressed.pdf)
- Dogget, A. (2004). A Statistical Comparison of the Root Cause Analysis Tools. Journal of Industrial Technology. Obtenido de [enlace](<http://c.ymcdn.com/sites/www.atmae.org/resource/resmgr/JIT/doggett010504.pdf>)
- Gobierno de Colombia. (2019). Estrategia nacional de economía circular. Cierre de ciclos de materiales, innovación tecnológica, colaboración y nuevos modelos de negocio. Bogotá D.C.: Presidencia de la República; Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible; Ministerio de Comercio, Industria y Turismo.
- Gobierno de Colombia. (2020). Actualización de la Contribución Determinada a Nivel Nacional de Colombia (NDC). Disponible en: [enlace](<https://www.minambiente.gov.co/cambio-climatico-y-gestion-delriesgo/documentos-oficiales-contribuciones-nacionalmente-determinadas/>).
- Gobierno de Colombia. (2021). Contribución determinada a nivel nacional de Colombia actualizada al 2020. Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio

Climático. Obtenido de: Gobierno de Colombia. (2021). Contribución determinada a nivel nacional de Colombia actualizada al 2020. Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático.

Guevara Rey, A., & Niño, Z. M. (2022). Inversión. Inversión en Actividades de Ciencia, Tecnología e Innovación – ACTI en Colombia, ¿Cómo avanzamos? ¿Qué podemos esperar? En Indicadores de ciencia y tecnología en Colombia, 2021. Observatorio Colombiano de Ciencia y Tecnología – OCyT. [Enlace](<https://ocyt.org.co/wpcontent/uploads/2023/03/indicadores-2021-pre-print.pdf>)

Guerrero, D. (2022, May 23). Paneles solares en viviendas de interés social en agenda de la transición energética. Bloomberg Línea.

[Enlace](<https://www.bloomberglinea.com/2022/05/23/paneles-solares-enviviendas-de-interes-social-en-agenda-de-transicion-energetica/>)

Harlem, A. A., Vásquez, H. A., & Ramírez, C. D. A. (2012). Sostenibilidad: Actualidad y necesidad en el sector de la construcción en Colombia. *Gestión y Ambiente*, 15(1), 105-118. Obtenido de

[enlace](<https://ezproxy.uniandes.edu.co:8443/loginurl=https://www.proquest.com/scholarly-journals/sostenibilidad-actualidad-y-necesidad-enel/docview/1678820614/se-2>)

Howlett, M., Ramesh, M. and Perl, A. (2009). *Studying Public Policy Policy Cycles and Policy Subsystems*. Oxford.

Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación. (2023). Guía metodológica para el diseño de hojas de ruta de políticas de investigación e innovación orientadas por misiones.

Recuperado de

[enlace](https://minciencias.gov.co/sites/default/files/ckeditor_files/Dise%25C3%25B1o%2520hojas%2520de%2520ruta%2520-%2520POM%2520V%252016%2520Feb%252023%2520Rev%2520CT.pdf)

Ministerio de Minas y Energía, & Unidad de Planeación Minero Energética (UPME). (2017). Plan de Acción Indicativo. PROURE. Programa de Uso Racional y Eficiente de Energía.

Ministerio de Minas y Energía, & Unidad de Planeación Minero Energética (UPME). (2022). Plan de Acción Indicativo. PROURE. Programa de Uso Racional y Eficiente de Energía.

Naciones Unidas. (2018). Acuerdo de París. Disponible en: [enlace](https://unfccc.int/sites/default/files/spanish_paris_agreement.pdf).

Obtenido de Naciones Unidas:

[enlace](https://unfccc.int/sites/default/files/spanish_paris_agreement.pdf)

Observatorio Colombiano de Ciencia y Tecnología – OCyT. (2023). Inversión en actividades de Ciencia, Tecnología e Innovación – ACTI en Colombia [dataset].

[Enlace](<https://inversion.ocyt.org.co/>)

Observatorio Colombiano de Ciencia y Tecnología – OCyT. (2023). Inversión en actividades de Ciencia, Tecnología e Innovación – ACTI en Colombia [dataset].

[Enlace](<https://inversion.ocyt.org.co/>)

Ortegón, E., Pachecho, J. y Prieto, A. (2005). Metodología del marco lógico para la planificación, el seguimiento y la evaluación de proyecto. (CEPAL, Ed.) Serie Manuales

42. Obtenido de

[enlace](http://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/5607/S057518_es.pdf?sequence=1)

Saldarriaga, A. (2019). La arquitectura popular tradicional. Red Cultural Del Banco.

Ministerio de Minas y Energía. (2022). Diálogo social para definir la hoja de ruta de la transición energética justa en Colombia.

<https://www.minenergia.gov.co/documents/9497/HojaRutaTransicionEnergeticaJustaColombia.pdf>

IPCC. (2022). Climate Change 2022: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, M. Tignor, E.S. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Craig, S. Langsdorf, S. Lösschke, V. Möller, A. Okem, B. Rama (eds.)]. Cambridge University Press. Recuperado de <https://www.ipcc.ch/report/sixthassessment-report-working-group-ii/EI>

Ministerio de Minas y Energía. (2023). DIAGNÓSTICO Base para la Transición Energética Justa.

Recuperado de:

https://www.minenergia.gov.co/documents/10439/2._Diagn%C3%B3stico_base_para_la_TEJ.pdf

Universidad Icesi. (2011). Política de publicaciones y comunicación científica. Recueprado de:

<https://www.icesi.edu.co/blogs/pycs/files/2011/09/Pol%C3%ADtica-de-PyCS-FINAL.pdf>

Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación. (2020). Título del Documento. Recuperado de:

https://minciencias.gov.co/sites/default/files/upload/paginas/bioeconomia_para_un_crecimiento_sostenible-qm_print.pdf

Universidad de los Andes. (2019). Colombia Hacia una Sociedad del Conocimiento. Recuperado de:

https://uniandes.edu.co/sites/default/files/asset/document/191205_informe_mision_de_sabios_2019_vpreliminar_1.pdf

Ministerio de Minas y Energía. (2023). ESCENARIOS NACIONALES Transición Energética Justa.

Recuperado de:

https://www.minenergia.gov.co/documents/10442/3._Escenarios_nacionales_TEJ._Rutas_que_nos_preparan_para_el_futuro.pdf

Sitios Web

Departamento Nacional de Planeación (DNP) & Observatorio Colombiano de Ciencia y

Tecnología (OCyT). (2022). Índice Departamental de Innovación para Colombia –

IDIC, 2021.

https://www.innovamos.gov.co/sites/default/content/files/000070/3451_idic-2021-final_v3_compressed.pdf

Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación. (2022). La ciencia en cifras. Proyectos I+D+i financiados por MinCiencias [dataset]. <https://minciencias.gov.co/la-ciencia-encifras/proyectos-idi-informacion>

Ministerio de Minas y Energía. (2021). Misión de transformación energética y modernización de la industria eléctrica:

hoja de ruta para la energía del futuro. Obtenido

de:

https://www.minenergia.gov.co/documents/9180/Resumen_MTE_primera_fase_VF_2.pdf

Guevara Rey, A., & Niño, Z. M. (2022). Inversión. Inversión en Actividades de Ciencia, Tecnología e Innovación – ACTI en Colombia, ¿Cómo avanzamos? ¿Qué podemos esperar? En Indicadores de ciencia y tecnología en Colombia, 2021. Observatorio Colombiano de Ciencia y Tecnología – OCyT. <https://ocyt.org.co/wpcontent/uploads/2023/03/indicadores-2021-pre-print.pdf>

Observatorio Colombiano de Ciencia y Tecnología – OCyT. (2023). Inversión en actividades de Ciencia, Tecnología e Innovación – ACTI en Colombia [dataset]. <https://inversion.ocyt.org.co/>

Thermowire. (s.f.). Inicio. <https://www.thermowire.com.co/>

UCL Commission for Mission-Oriented Innovation and Industrial Strategy (MOIIS). (2019). A

Mission-Oriented UK Industrial Strategy. UCL Institute for Innovation and Public Purpose, Policy Report, (IIPP 2019-04). <https://www.ucl.ac.uk/bartlett/publicpurpose/wp2019-04>

Documentos de Política

- Congreso de Colombia. (2014). *Ley 1715*. Bogotá: DO: 49.150.
- Congreso de Colombia. (2021). *Ley 2169*. DO: 51.896.
- Congreso de Colombia. (2023). *Ley 2294*. Bogotá: DO: 52.400.
- Congreso de Colombia. (2023). *Ley 2394*. Bogotá D.C.
- Congreso de la República. (2021). *Ley 2099*. Bogotá D.C.: DO: 51.731.
- CONPES 3866 (2016). *Política Nacional de desarrollo productivo*. DNP: Bogotá D.C.
- CONPES 3918 (2018). *Estrategia para la implementación de los objetivos de desarrollo sostenible (ODS) en Colombia*. DNP: Bogotá D.C.
- CONPES 3934 (2018). *Política de crecimiento verde*. DNP: Bogotá D.C.
- CONPES 3957 (2019). *Política Nacional de laboratorios: Prioridades para mejorar el cumplimiento de estándares de calidad*. DNP: Bogotá D.C.
- CONPES 3975 (2019). *Política Nacional para la transformación digital e inteligencia artificial*.
DNP: Bogotá D.C.
- CONPES 4011 (2020). *Política Nacional de emprendimiento*. DNP: Bogotá D.C.
- CONPES 4012 (2020). *Política Nacional de comercio electrónico*. DNP: Bogotá D.C.
- CONPES 4023 (2021). *Política para la reactivación, la repotenciación y el crecimiento sostenible e incluyente: Nuevo compromiso por el futuro de Colombia*. DNP: Bogotá D.C.
- CONPES 4051 (2021). *Política pública para el desarrollo de la economía solidaria*. DNP: Bogotá D.C.
- CONPES 4062 (2021). *Política Nacional de propiedad intelectual*. DNP: Bogotá D.C.
- CONPES 4069 (2021). *Política Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación*. DNP: Bogotá D.C.
- CONPES 4075 (2022). *Política de transición energética*. DNP: Bogotá D.C.
- CONPES 4085 (2022). *Política de internacionalización para el desarrollo productivo regional*.
DNP: Bogotá D.C.
- CONPES 4088 (2022). *Declaración de importancia estratégica de proyectos de inversión para la implementación de acciones que conduzcan al desarrollo bajo en carbono y resiliente al clima en Colombia y concepto favorable a la Nación para contratar un empréstito externo con la banca multilateral hasta por la suma de USD 30 millones, o su*

equivalente en otras monedas, destinados a financiar el programa de apoyo para el cumplimiento. DNP: Bogotá D.C.

CONPES 4098 (2022). Política para impulsar la competitividad agropecuaria. DNP: Bogotá D.C.

CONPES. (2023). Política Nacional de Reindustrialización. DNP: Bogotá D.C.

CONPES. (2023). Política para la Aceleración de los Ecosistemas de Innovación y Transformación Digital en Colombia – Colombia Potencia Digital. DNP: Bogotá D.C.

Departamento Administrativo de Ciencia. (2018). Libro Verde 2030 : Política Nacional de Ciencia e Innovación para el Desarrollo Sostenible.

8. ANEXOS

Anexo A. Plan de Acción /Plan Operativo de la Política (PAS): adjunto en archivo Excel.

