

# Transición Energética Justa

HOJA DE RUTA



# Hoja de Ruta para la Transición Energética Justa de Colombia

## Resumen Ejecutivo

Presidente de la República

***Gustavo Petro Urrego***

Vicepresidenta de la República

***Francia Márquez Mina***

Ministro de Minas y Energía

***Andrés Camacho Morales***

*Coordinación*

***Felipe Alberto Corral***

***Jessica Arias Gaviria***

***Johanna Stella Castellanos Arias***

Equipo Modelado

***Jessica Arias Gaviria***

***Simón García Orrego***

***Ana María Orozco Idrobo***

***John Alexander Sánchez Cardozo***

***Juan Camilo Zapata Mina***

Sistematización de los diálogos sociales nacionales

***David López Matta***

Potencial energético subnacional y oportunidades de descarbonización

***Simón García Orrego***

***Ana María Orozco Idrobo***

***Juan Camilo Zapata Mina***

***Nessim Assad Bissinger***

***Felipe Alberto Corral***

***Paula Andrea Hernández Cárdenas***

***Diana Carolina Murillo Martín***

***Juan Sebastián Roncancio Arévalo***

Escenarios nacionales Transición Energética Justa

***Jessica Arias Gaviria***

***Simón García Orrego***

***Ana María Orozco Idrobo***

***John Alexander Sánchez Cardozo***

***Juan Camilo Zapata Mina***

Análisis de inversiones requeridas para la Transición Energética Justa

***Leonardo Rojas***

***Santiago Malaver***

***Paula Montañez***

***Luis Luna***

***Natalia López***

***Fredy Chávez***

***Miguel Muñoz***

***Alejandra Martínez***

***Laura Palacio***

Oportunidades y desafíos socioambientales de la Transición Energética Justa

***Diana Carolina Murillo Martín***

***David López Matta***

***María Paula Gutiérrez***

***Luisa María Quinche***

***Luisa María Fernández***

*Revisión y Corrección de estilo*

***Felipe Alberto Corral***

***Luisa María Fernández Ospina***

***Paula Andrea Hernández***

***Daniel González***

***Diana Carolina Murillo Martín***

***Martha Lucia Bernal Suarez***

*Diseño y Diagramación*

***Luisa María Fernández Ospina***

***Grupo de Comunicación y Prensa***

## CONTENIDO

---

1	Introducción.....	5
1.1	Estructura y contenidos generales: La Justicia como Columna Vertebral de la Transición Energética.....	7
2	Escenarios internacionales ¿Por qué debemos estar preparados para los cambios internacionales?.....	12
3	Resultados, metas y acciones para la Transición Energética Justa .....	16
3.1	Hidrocarburos .....	17
3.2	Minería de Carbón.....	21
3.3	Extracción de otros Minerales y Reindustrialización.....	26
3.4	Energía Eléctrica.....	32
3.5	Nuevos Energéticos.....	39
3.6	Gestión eficiente en la demanda .....	43
4	Inversiones Requeridas para la Transición Energética Justa .....	50
4.1	Principales impactos .....	52
5	Conclusiones.....	54
6	Bibliografía.....	57

# 1 INTRODUCCIÓN

---

La Hoja de Ruta de la Transición Energética Justa es un instrumento estratégico para el país donde se articulan acciones para la seguridad, soberanía y confiabilidad energética de Colombia teniendo en cuenta la improrrogable tarea de tomar medidas frente a la crisis climática, de avanzar en el cierre de brechas y el desarrollo territorial, de generar un proceso de reindustrialización que permita superar la dependencia actual que tiene el país frente a los combustibles fósiles, y de avanzar en participación territorial con enfoque diferencial.

El documento actual busca sintetizar los seis documentos realizados previamente por el Ministerio de Minas y Energía que contemplan la Hoja de Ruta de la Transición Energética Justa; además, indicar las acciones estratégicas para avanzar hacia una matriz energética segura y soberana que contemple las recomendaciones del Panel Intergubernamental para el Cambio Climático (IPCC) y las demandas de la sociedad civil hacia la democratización energética, y la justicia climática, ambiental y social.

Los seis documentos previos (Ver figura 1) se realizaron incluyendo diversos espacios de participación en todo el territorio nacional y corresponden a (1) el diagnóstico del sector de Minas y Energía para avanzar en una Transición Energética Justa (TEJ); (2) la sistematización de los diálogos nacionales, en los cuales participaron más de 2000 personas de diferentes tipos de actores sociales, incluyendo grupos étnicos, campesinos, organizaciones de género, jóvenes, sindicatos, organizaciones ambientalistas, centros de pensamiento, academia, empresarios de los diferentes sectores y la institucionalidad del Estado en las diferentes escalas; (3) los escenarios de Transición Energética Justa que contemplan las tendencias en la demanda energética y los requerimientos de generación en Colombia, de acuerdo con las condiciones económicas, geográficas, tecnológicas y climáticas del país; (4) el potencial energético subnacional y las oportunidades de descarbonización en uso de energía final; (5) el análisis de inversiones requeridas para la Transición Energética Justa de acuerdo con el documento de escenarios; (6) los desafíos y oportunidades socioambientales para la Transición Energética Justa. En los cuales se identifican las necesidades, retos y oportunidades de la transición, los potenciales energéticos del país, se traza las posibles trayectorias de la transición y analiza variables complementarias para hacer un análisis integral del proceso.





Figura 1. Documentos para la construcción de la Hoja de Ruta de la Transición Energética Justa

Fuente: Elaboración propia

En Colombia hay importantes avances en materia de transición energética (TE) como lo son (i) CONPES 4075 – Política de Transición Energética; (ii) CONPES 4129 – Política Nacional de Reindustrialización; (iii) Estrategia Nacional de Movilidad Sostenible; (iv) Estrategia Climática a Largo Plazo de Colombia (E2050); (v) Plan Energético Nacional 2020 – 2050. Sin embargo, para avanzar hacia una Transición Energética Justa que logre viabilizar una matriz energética segura, soberana, limpia y confiable se requiere una articulación de las políticas focalizadas en la acción climática y de la política minero-energética con aquellas relacionadas con la reindustrialización, la diversificación productiva, la justicia climática y ambiental, la participación y el desarrollo territorial, y la democracia energética.

Este documento está organizado en cinco secciones: primero, se establecen los núcleos principales para avanzar en Justicia dentro de la Transición Energética en Colombia; segundo, se detallan la dependencia y vulnerabilidad del país en medio de los escenarios internacionales de transición energética; tercero, se especifican los resultados, metas y acciones para la Transición Energética Justa dentro de las líneas estratégicas con respecto a los sectores de: hidrocarburos, minería, nuevos energéticos, energía eléctrica y gestión de la demanda; cuarto, se detallan las inversiones requeridas para la Transición Energética Justa; quinto, se presentan las conclusiones.

## 1.1 ESTRUCTURA Y CONTENIDOS GENERALES: LA JUSTICIA COMO COLUMNA VERTEBRAL DE LA TRANSICIÓN ENERGÉTICA

### Mensajes claves de la Transición Energética justa como una apuesta de gobierno:

1. **Colombia es un país vulnerable a la incertidumbre global alrededor de los mercados del carbón térmico y de los combustibles fósiles. Por ello, se requiere una transición gradual y planeada acorde a las desigualdades y condiciones sociales, ambientales y económicas de los territorios del país.** Por un lado, en cuanto al carbón en Colombia existen, de manera general, dos grandes economías. En primer lugar, la economía de la extracción de carbón a gran escala concentrada geográficamente en los departamentos de La Guajira y Cesar, que en 2021 fueron responsables del 92,3 % de los 59 Mt que se extrajeron ese año (UPME, 2022). Allí operan proyectos mineros a cielo abierto altamente intensivos en capital que en el mismo año empleaban entre 22.000 y 26.000 trabajadores directos (UPME y John T. Boyd, 2023). En segundo lugar, está la economía de la extracción de carbón a pequeña y mediana escala, presente en distintos departamentos de la región Andina y en algunos departamentos del Pacífico (Boyacá, Cundinamarca, Norte de Santander, Antioquia, Santander, Valle del Cauca y Cauca), así como el departamento de Córdoba. Allí se realizan operaciones mineras que en 2021 fueron responsables de la extracción de 4,54 millones de toneladas de carbón, en su mayoría para el consumo doméstico, alimentando la demanda de carboeléctricas y de la industria (UPME, 2022). El 90 % de la minería de carbón en Colombia ocurre en operaciones a gran escala y a cielo abierto propiedad de grupos multinacionales que exportan el 99 % de su producción y que, por ende, son totalmente susceptibles de los vaivenes de los mercados internacionales de carbón térmico. En lo referente a hidrocarburos, a escala mundial, los escenarios planteados por la industria petrolera estiman que, según las tendencias actuales, la demanda pico de petróleo se podría alcanzar antes de 2030 (BP, 2023). A partir de este año, la demanda sería relativamente estable en un escenario tendencial, alcanzando alrededor de 100 Mbd en 2050. Sin embargo, ante las diferentes políticas de descarbonización a escala mundial y la aceleración de la entrada de la electromovilidad, dicha demanda podría reducirse drásticamente en otros escenarios, alcanzando entre 60 y 20 Mbd en 2050 (IEA, 2022).
2. **La reindustrialización y la diversificación económica por medio de encadenamientos locales son un imperativo para avanzar en la justicia económica y territorial impulsando economías para la vida.** La dependencia económica de Colombia a la extracción y exportación de hidrocarburos y carbón resulta de procesos que se configuraron durante varias décadas. Las actividades asociadas a estos sectores se han

convertido en las principales dinamizadoras del crecimiento económico, generadoras de importantes ingresos fiscales, principal rubro dentro de la canasta exportadora y foco de atracción para la entrada de buena parte de recursos de capital extranjero (Bértola y Ocampo, 2010; Minenergía, 2024a; Zerda Sarmiento, 2015). Sin embargo, la consolidación de estas actividades intensivas en capital y con baja generación de valor agregado ha venido acompañada por un debilitamiento en otros sectores de la economía, como la industria y la agricultura, que albergan mayor potencial de agregar valor (Gudynas, 2015; Rudas y Espitia, 2013). La Transición Energética Justa es una oportunidad para movilizar nuevos sectores económicos basados en la transición de la demanda en los sectores de transporte, industria, residencial y terciario, el aprovechamiento de los minerales propiedad del Estado en cadenas productivas que permitan una generación de valor agregado, y de encadenamientos de valor basados en las tecnologías para la generación de FNCER.

3. **Los escenarios de Transición Energética Justa se articulan con los acuerdos internacionales de acción climática y las demandas nacionales para acceder a parámetros de Justicia dentro de los modelos minero – energéticos.** El escenario TEJ, descrito en el documento de escenarios nacionales, plantea políticas adicionales para alinear dicha trayectoria con el cumplimiento de los compromisos climáticos del país contemplados en la E2050, y presentar las diferentes apuestas hacia la diversificación económica, la reindustrialización, la justicia social y ambiental para la superación gradual del extractivismo. Adicionalmente, para algunos análisis pertinentes se comparan los resultados del escenario TEJ con los presentados por la UPME en el PEN 2022-2052 en su escenario de transición energética.
4. **El mercado de la energía eléctrica en Colombia se ha caracterizado por megaproyectos impulsados, en su mayoría, por grandes empresas de generación. Es necesario avanzar en proyectos de generación distribuida por medio de modelos de gestión comunitaria de la energía para democratizar el sistema eléctrico, lograr tarifas justas y disminuir los niveles de pobreza energética.** Para 2021, en el mercado de generación hubo un total de 79 agentes generadores registrados. Entre ellos, tres empresas (EPM, Enel Colombia e ISAGEN) concentran el 53,5% de la participación mayoritaria en el mercado de la generación de energía eléctrica. Adicionalmente, solo el 38 % de los usuarios centralizados cuentan con energía eléctrica las veinticuatro horas del día, mientras que en algunas regiones el 57 % de los usuarios cuentan con la prestación del servicio de energía por menos de 10 horas/día (IPSE, 2023), siendo el litoral Pacífico colombiano la región donde se concentra principalmente la población con un bajo número



de horas de servicio de energía eléctrica. Por otra parte, la generación de energía eléctrica en ZNI se realiza a partir de fuentes fósiles con una participación del 85 %, que corresponde a la capacidad instalada de plantas de generación con combustible diésel. La generación eléctrica restante (15 %) se produce a partir de FNCER, siendo la solar fotovoltaica la de mayor participación en este grupo con un 80 %, seguida por biomasa y PCH, con 9 % cada una.

- 5. La paz es un imperativo para la transición energética justa buscando la participación ciudadana con enfoque diferencial y de DDHH, además del cumplimiento total de los licenciamientos sociales y ambientales en los proyectos estratégicos, promoviendo el acuerdo y diálogo social.** En 2017, la Fundación Paz y Reconciliación (PARES) analizó 179 conflictos sociales en el país entre 2000 y 2016, encontrando que el 87 % correspondían a conflictos vinculados con actividades petroleras, de oro y carbón (Valencia y Riaño, 2017). Por su parte, el EJATLAS (EJOLT, 2023) recoge 134 casos de conflictos socioambientales en Colombia, de los cuales 24 están asociados a “combustibles fósiles y la justicia energética”, y 49 a “extracción de minerales y materiales de construcción”. Varios estudios coinciden en indicar que la forma de ingreso, operación e interacción de los proyectos de FNCER ha generado conflictos territoriales, especialmente en la Guajira (Dyner et al., 2022; Ulloa, 2021; Vega-Araújo y Heffron, 2022). Estos proyectos han estado rodeados de conflictividad, entre otros motivos, por la confusión sobre quién tiene la legitimidad para decidir sobre el territorio y la poca trazabilidad y transparencia en los procesos de Consulta Previa Libre e Informada (CPLI) (Barney, 2023). La Ley 2099 de 2021 no estableció salvaguardas para garantizar los derechos a la participación, el ambiente sano y la integridad cultural de las comunidades y los pueblos étnicos (Foro-Región Central, 2023). Adicionalmente, durante la realización de los Diálogos Nacionales para la construcción de la Hoja de Ruta TEJ se reconoció por diferentes actores del territorio que el sector minero-energético ha sido injusto con las comunidades cercanas a la implementación de proyectos, ya que cargan con la mayoría de impactos negativos como la contaminación, la pérdida de acuíferos, servicios ecosistémicos y biodiversidad, divisiones comunitarias y familiares, entre otras; mientras que las empresas reciben los grandes beneficios de la implementación de los proyectos (Minenergía, 2024d). Frente a este escenario, se reconoce la importancia de avanzar en estrategias que garanticen la participación informada de los distintos actores sociales asociados a los procesos del sector minero-energético desde un enfoque diferencial, un ejemplo del proceso de diálogo y transparencia es el avance de 235 consultas previas necesarias para viabilizar el proyecto de construcción de la línea de

transmisión Colectora – Cuestesitas en el departamento de la Guajira, que permitirá conectar las energías renovables que se desarrollarán en el norte del país.

**6. La diversificación de la matriz energética por medio de Fuentes No Convencionales de Energía Renovable y sus respectivas cadenas de valor contribuyen a la flexibilización del sistema eléctrico buscando mejorar la confiabilidad y seguridad energética frente a los desafíos del cambio climático.**

En Colombia, el sistema eléctrico presenta alta vulnerabilidad ante las variaciones hidrológicas, como las condiciones de invierno y sequía (Zapata et al., 2023). Esta vulnerabilidad se ve amplificada por fenómenos climáticos como El Niño y La Niña, los cuales se están volviendo más frecuentes e intensos a medida que la crisis climática se profundiza (Cai et al., 2014, 2015). Dentro del escenario de Transición Energética Justa se plantea una incorporación gradual de diversas fuentes de energía y tecnologías FNCER disponibles en el país, tales como: (i) biogás, (ii) biomasa, (iii) geotermia, (iv) generación solar distribuida, (v) solar distribuida con almacenamiento, (vi) hidrogenación, (vii) hidrogenación a filo de agua, (viii) parques - solar fotovoltaica, (ix) parques solares fotovoltaica con almacenamiento, (x) eólica costa adentro, (xi) eólica costa afuera e (xii) hidrógeno. De acuerdo con lo anterior, tecnologías como los paneles solares, las hélices, las baterías y la estructura requerida para la instalación, representan una oportunidad única de mercado y de encadenamiento para la nación y su desarrollo industrial apalancado por la TEJ. Cada una de estas tecnologías presenta diferentes factores de disponibilidad, y las fuentes de energía variables no son controlables ni despachables de manera flexible. Por ello, se requieren fuentes firmes y flexibles que puedan responder a la variabilidad horaria del funcionamiento del Sistema Interconectado Nacional (SIN), tales como las hidroeléctricas con embalse, las térmicas a gas, el biogás o la biomasa, la solar fotovoltaica con almacenamiento y las geotérmicas. En este contexto, la Hoja de Ruta de la Transición Energética Justa propone quintuplicar la capacidad instalada actual, teniendo en cuenta los retos territoriales y priorizando cadenas de valor y tecnologías FNCER que garanticen confiabilidad y flexibilidad en la red. Este enfoque busca mitigar la vulnerabilidad de la matriz energética, reduciendo la dependencia de la hidroenergía frente a las fluctuaciones climáticas.

**7. La gestión de la demanda es un imperativo para la transición energética justa promoviendo nuevos sectores económicos y la descarbonización de la economía dentro de la demanda.**

Actualmente, los combustibles fósiles representan cerca del 70 % del consumo final de energía en Colombia, con una creciente demanda de combustibles líquidos para el transporte y gas natural para diversos usos. Históricamente, el carbón ha representado entre el 5 % y el 10 % del consumo final, mientras que el petróleo y los

combustibles líquidos alcanzan aproximadamente el 40 %. Desde 2015, la participación del gas natural ha aumentado del 3 % al 16 %, mientras que la de la leña se ha reducido del 37 % al 10 %, debido a su sustitución en los procesos de cocción. Por su parte, la electricidad representa actualmente el 18 % del consumo final de energía. En este contexto, el país enfrenta múltiples retos en términos de eficiencia energética, como se evidencia en el primer Balance de Energía Útil (BEU) realizado en 2019 (UPME et al., 2019). Este informe destaca que en Colombia solo el 31 % de la energía se aprovecha de manera eficiente, mientras que el 69 % se pierde, ya sea por ineficiencias en los procesos de transformación o transporte de la energía, o por fallos en su uso final (UPME et al., 2019).

Esta apuesta de gobierno no solo es un cambio tecnológico, sino que a su vez es un proyecto país donde se articulan diferentes políticas de gobierno (ver figura 2) en los que se ven involucrados todos los actores de la sociedad y los diferentes sectores de la economía.



Figura 2. La Transición Energética Justa es una apuesta de gobierno. Políticas y enfoques transversales

Fuente: Elaboración propia

## 2 ESCENARIOS INTERNACIONALES ¿POR QUÉ DEBEMOS ESTAR PREPARADOS PARA LOS CAMBIOS INTERNACIONALES?

En las últimas cuatro décadas, casi el 60 % de la producción petrolera colombiana ha sido exportada, principalmente en forma de crudo pesado, cuya refinación resulta costosa y compleja. Como se muestra en la Figura 3, los campos petroleros del país presentan precios de punto de equilibrio superiores a los 30-40 USD por barril, una cifra que probablemente aumentará con el tiempo debido a la inflación y otros factores. En un escenario global de descarbonización (ver capítulo 4 del documento diagnóstico), diversas fuentes señalan que gran parte del suministro de petróleo se concentrará en países productores de bajo costo, como los del Golfo Pérsico (IEA, 2023b; The Economist, 2024). Esto sitúa a Colombia en una situación de gran vulnerabilidad, dado que la aceleración de la transición energética a nivel mundial afectaría, a través de los mercados, el dinamismo de este sector en el país.

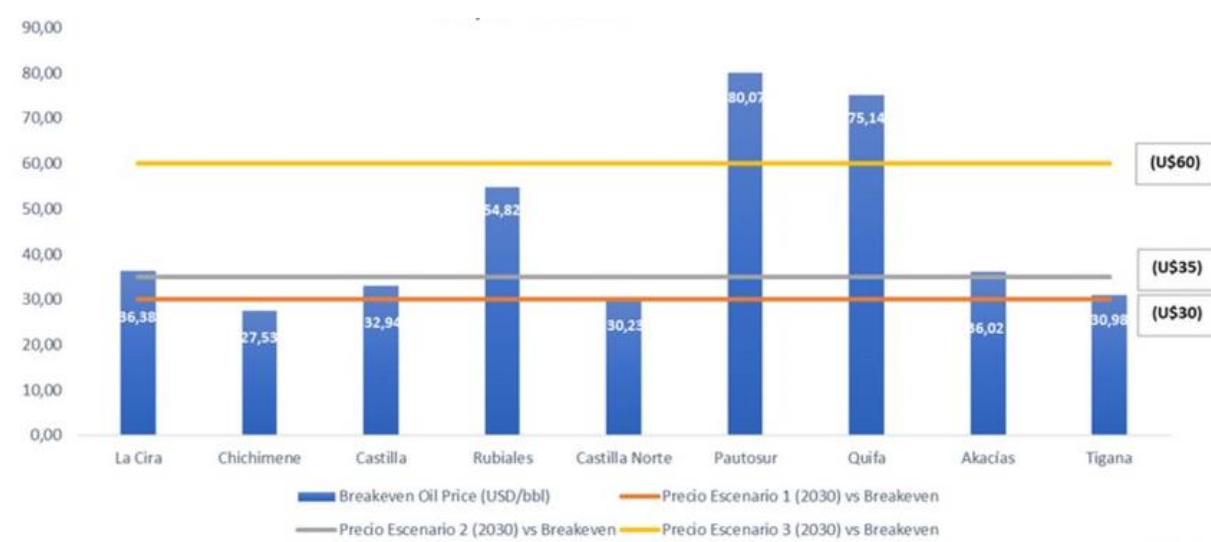
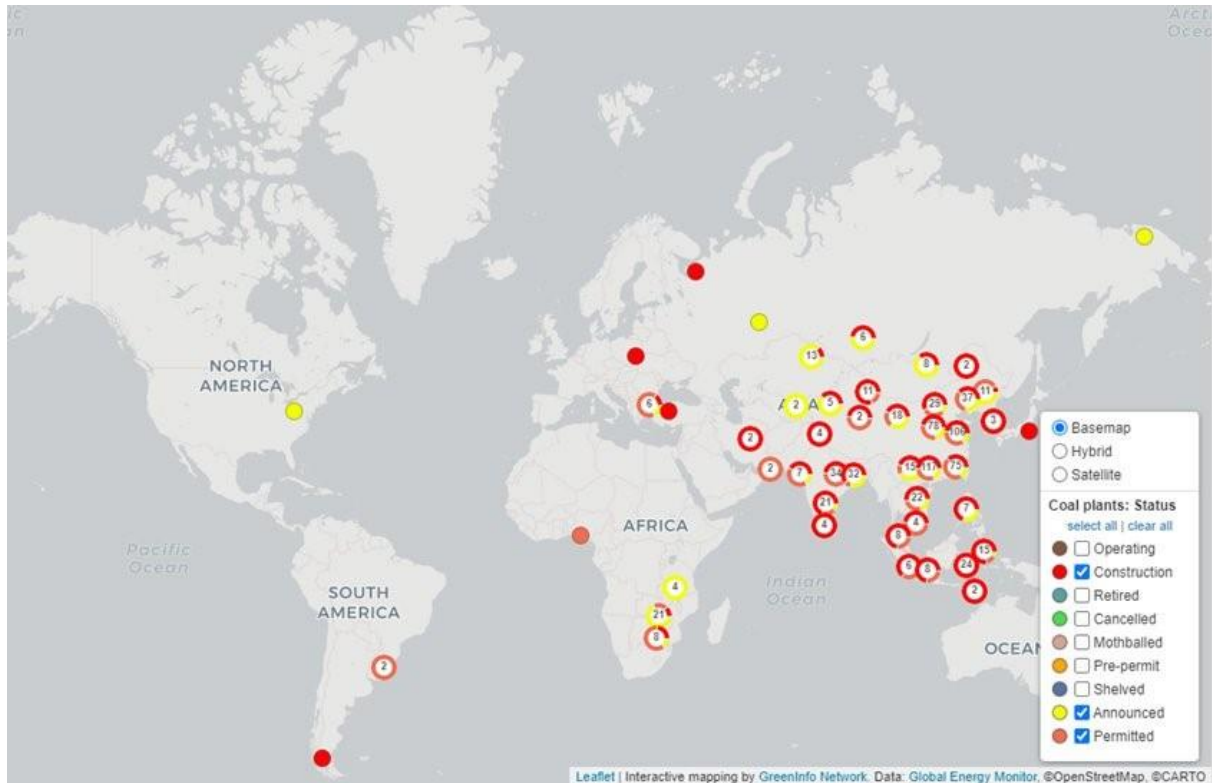


Figura 3: Precios de punto de equilibrio para varios campos petroleros colombianos.

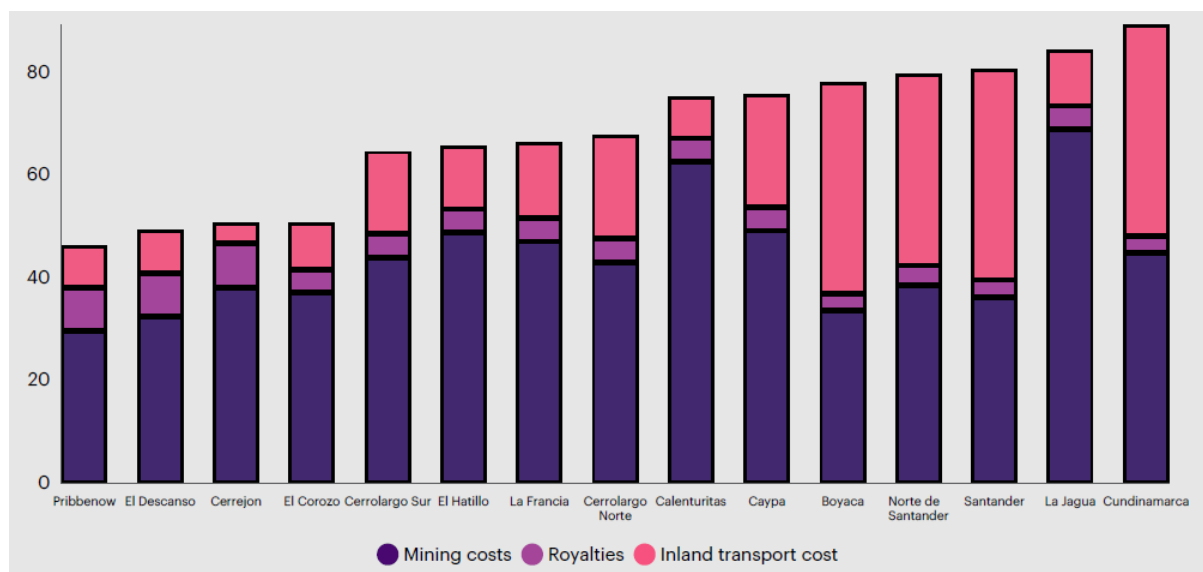
Fuente: NRGi (2023) tomando datos de Rystad

Una situación similar aplica al sector carbonífero. Históricamente, Colombia ha exportado el 90% del carbón térmico extraído a nivel nacional, así como 99% del carbón extraído en los departamentos del Cesar y La Guajira (ANM y UPME, 2024). La mayoría de este carbón se ha dirigido a países de la cuenca atlántica, algunos de los cuales ya han establecido fechas para el cese de la generación eléctrica a partir de carbón. Como se ilustra en la Figura 4a, las perspectivas de nuevas plantas de generación a base de carbón se concentran en Asia y el sur de África, mercados que resultan más difíciles de acceder para Colombia. A esto se suma el creciente número de operaciones mineras en el país con altos costos de extracción y transporte a los puertos, como se muestra en la Figura 4b. Si consideramos también los costos de fletes, para Colombia resulta difícil

competir en los mercados asiáticos, como se observa en la Figura 4c, donde los precios finales de producción y transporte de carbón son más bajos en países como Australia, Rusia, Indonesia y Sudáfrica, que son los tres principales exportadores de carbón térmico a nivel mundial, superando ampliamente a Colombia.

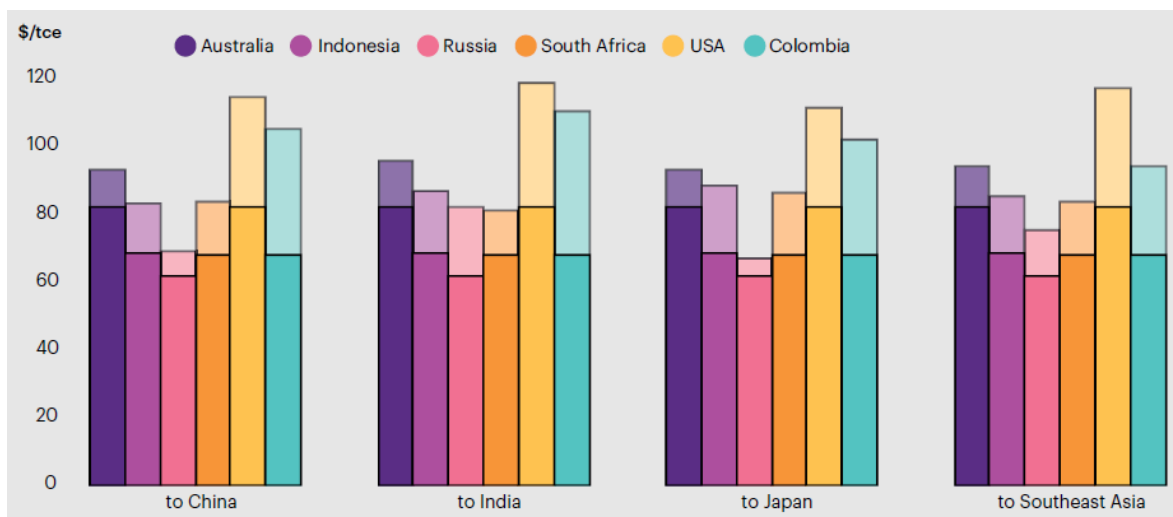


(a) Mapa de nuevos proyectos en construcción (rojo), anunciados (amarillo) o en licenciamiento (naranja) de generación de energía eléctrica a partir de carbón. Fuente: Global Energy Monitor (2024)



(b) Costos de extracción del carbón (morado), regalías (fucsia) y transporte a puerto (rosado) en distintos activos mineros de carbón térmico de Colombia. Fuente: Huxham & Anwar (2023)





(c) Costos promedio FOB del carbón térmico (barras sólidas) y puestos en puerto de destino (barras sombreadas) en varias de las principales regiones de consumo de carbón térmico hacia el futuro.

Figura 4: Costos de extracción, regalías y transporte a puerto (costado izquierdo) y de transporte a puertos de consumo final (costado derecho) de carbón térmico colombiano

Fuente: Huxham & Anwar (2023).

Todo lo anterior, así como las dificultades territoriales y operativas de estabilizar el actual modelo extractivista a través de nuevos focos extractivos como el cobre, el gas o el hidrógeno verde para exportación, hacen que los autores de uno de los principales estudios sobre los impactos de una transición “externa” global en Colombia lleguen a la siguiente conclusión:

“la continuación a largo plazo de un modelo económico basado en la extracción y redistribución de las rentas de los combustibles fósiles parece casi imposible en un mundo que se descarboniza en línea con el acuerdo de París, debido a la disminución de la producción colombiana de petróleo, la fuerte caída del mercado de carbón marítimo que surgiría en un escenario global de WB2C y el hecho de que es poco probable que las posibles nuevas exportaciones de materias primas alternativas (como el cobre) generen tantas rentas como el petróleo crudo.” (Huxham y Anwar, 2023)

Por esa razón, se reitera que la diversificación económica y la recuperación de las capacidades productivas del país, a través de procesos de reindustrialización, deben ser ejes centrales de la transición energética y de la transición del sistema eléctrico.

Adicionalmente, la matriz energética en los últimos 35 años ha dependido entre 44,5 % y 72,8% de combustibles fósiles para abastecer la demanda final de energía. Al respecto, la mayor parte de esta demanda corresponde al sector de transporte (Minenergía, 2024b). Por otra parte, según el Balance Energético Colombiano (BECO), el país importa el 12% de la energía final consumida, especialmente combustibles líquidos para el sector transporte, seguido por el gas natural y GLP para cubrir las necesidades de generación de electricidad. Como lo detalla la Figura

5, en la que se muestran unos de los resultados de la modelación adelantada por el Ministerio de Minas y Energía, las medidas en implementación hasta 2022 mantendrían al país en una trayectoria con una dependencia fósil en la demanda de más del 70% en 2050. Por esa razón, se requieren acciones adicionales para encaminar la demanda de energía hacia la descarbonización en el marco de una Transición Energética Justa.

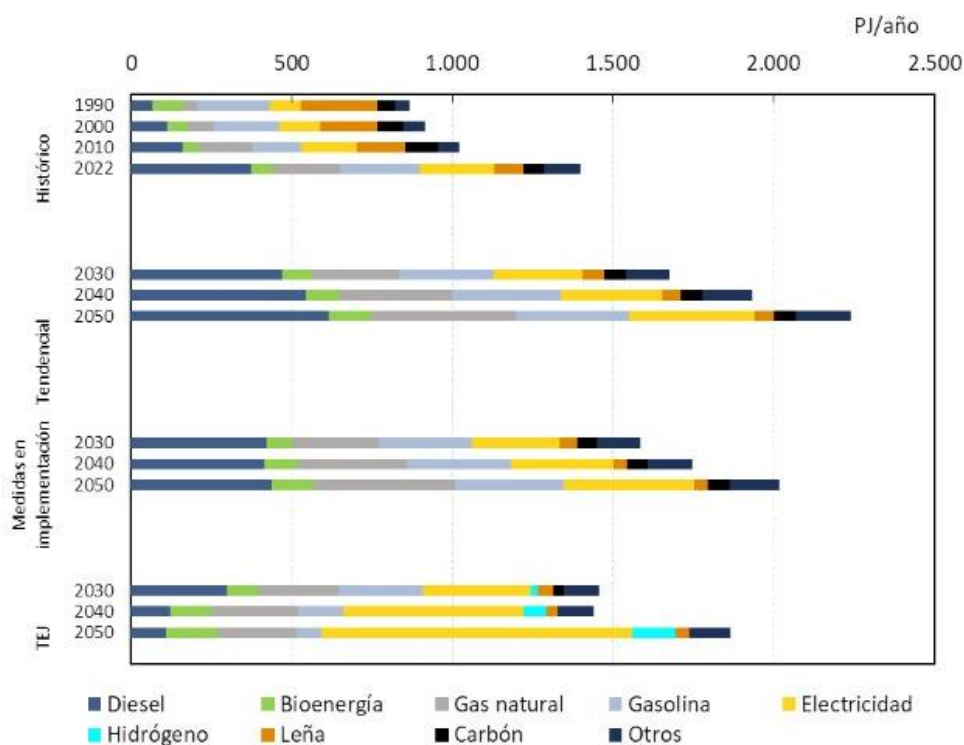


Figura 5: Composición del consumo final de energía en Colombia, según escenarios modelados (2022-2050). Fuente: Minenergía (2024b)

Adicional a todo lo anterior, existen unas dimensiones ambientales, sociales, relacionales y distributivas alrededor de las actividades del sector minero-energético y de la Transición Energética Justa. La vulnerabilidad del mercado de carbón e hidrocarburos de Colombia no sólo deja en aprietos a un sector productivo del país que genera ingresos importantes en materia fiscal, sino que impacta directamente a trabajadores y familias que derivan sus ingresos de este sector. Es imperativo que Colombia se prepare activamente para que este proceso de transición, que ya está ocurriendo en diferentes partes del mundo y que no depende exclusivamente de las políticas internas, prevea impactos y trabaje en estrategias para proteger el empleo, apoyar procesos de reconversión laboral, impulsar la diversificación productiva de las regiones, viabilizar procesos de reindustrialización de la economía y proteger el medio ambiente. La Transición energética justa debe avanzar en todos los frentes sin dejar a nadie atrás.

### 3 RESULTADOS, METAS Y ACCIONES PARA LA TRANSICIÓN ENERGÉTICA JUSTA

El Ministerio de Minas y Energía concentra sus esfuerzos en gestionar un sector minero energético comprometido con la implementación de la Transición Energética Justa. Así, se diseñan lineamientos de política pública que contribuyan a la confiabilidad y gradualidad para la transición de la matriz energética fósil, los habilitantes para una implementación diferencial de las FNCER, una gestión eficiente en la demanda y contribuir a cerrar las brechas sociales y económicas. A pesar de que el proceso de transición requiere de un fuerte cambio tecnológico de las formas de producción de energía, la transición energética justa no se limita a este ámbito, sino que incluye variables económicas, sociales y ambientales adicionales que garanticen la justicia en su implementación. En la Figura 6 se observan las diferentes medidas que se ven involucradas en este proceso.



Figura 6. La Transición Energética Justa no es solo una transición de la matriz energética. Hidrocarburos, Minería para la Vida, Energía Eléctrica, Nuevos Energéticos y Demanda Energética.

A continuación, se establecen los lineamientos de cada sector estratégico para la Hoja de Ruta de la Transición Energética Justa. Cada sección se encuentra dividida con puntos estratégicos para la

definición y construcción de política pública, los escenarios energéticos previamente dispuestos en el documento Escenarios nacionales de Transición Energética Justa (Minenergía, 2024b) y las líneas estratégicas con acciones y metas para avanzar en la TEJ.

### 3.1 HIDROCARBUROS

#### **Hacia una Transición Energética Justa en el sector de Hidrocarburos:**

- 1. No solo por tener petróleo será rentable extraerlo. La TE global puede ser más rápida de lo esperado, afectando a países como Colombia con crudos pesados y relativamente costosos de extraer.** Los costos de producción de crudo en Colombia (*breakeven*) pueden superar, en promedio, los 40 dólares por barril ya que la naturaleza geoquímica de su crudo de bajos grados API, castigan su precio respecto a países del Medio Oriente, cuyo costo promedio de producción está entre 10 y 15 dólares por barril (Manley y Heller, 2021). En el subcontinente americano, el *breakeven* del crudo colombiano está en un mismo rango que el *breakeven* promedio en USA y en Brasil, por ejemplo, que está entre los 40 a 60 dólares por barril (EIA, 2020). Esto hace que Colombia no se ubique entre los países más competitivos en el mercado internacional del petróleo.
- 2. La competitividad de los crudos colombianos puede aumentar si se realizan inversiones que aumenten la eficiencia energética y reduzcan las emisiones de GEI.** De continuar las tendencias globales en materia de electromovilidad y, en especial, acciones más ambiciosas en materia climática, aumentará la incertidumbre respecto a precios y demanda de crudo. Comparativamente, el país es un productor de crudo de alto costo, por lo que es importante que se haga monitoreo y gestión de dichos riesgos de manera constante. La eficiencia energética en los procesos de producción, la autogeneración de energía a partir de FNCER y la reducción de emisiones podrán ser aliados en la disminución del costo de producción. Bajo estos escenarios de incertidumbre, Colombia debe prepararse para posibles variaciones en términos de demanda y precios internacionales de los hidrocarburos.
- 3. Las tendencias actuales de consumo de combustibles llevarían a la pérdida de soberanía energética, debido a la necesidad de importar crudo y refinados.** Como lo presenta la UPME (2021c), Colombia cuenta con dos grandes refinerías propiedad de Ecopetrol S. A. y tres refinerías más pequeñas en diferentes áreas del país. La refinería de Barrancabermeja, situada en el Magdalena Medio, es la de mayor capacidad de transformación de crudo y petroquímica, procesando alrededor de 225,000 barriles por día (b/d) de crudos livianos y ligeros, siendo la principal fuente de producción de

combustibles líquidos en el país, satisfaciendo aproximadamente el 59,6 % de la demanda nacional. En 2021, Barrancabermeja produjo el 60,3% de la gasolina necesaria, el 57,8 % del diésel, el 64% de la demanda nacional de jet y el 70 % de los productos petroquímicos (UPME, 2021b). La refinería está diseñada para procesar crudos livianos y ligeros, con un nivel de conversión medio que alcanza aproximadamente el 76 %. Sin embargo, esta limitación tecnológica restringe el procesamiento de crudos pesados, que son los más abundantes en el país. Como resultado, no se puede obtener la máxima cantidad de combustible y otros productos de mayor valor agregado. La refinería de Cartagena es la segunda más grande de Colombia y cuenta con infraestructura portuaria para el cargue y descargue de productos internacionales. Durante el primer semestre de 2021, la carga promedio fue de aproximadamente 150.000 b/d, con rendimientos típicos de 1% de GLP, 19% de gasolina, 7% de jet y 52% de diésel (UPME, 2021c). Además de las principales refinerías, Colombia cuenta con otras instalaciones como las de Apiay, Orito e Hidrocasanare, que son pequeños complejos de procesamiento con una capacidad total de 15.300 b/d. Estas plantas refinan y producen asfalto, diésel, GLP, nafta y destilados medios. Mientras que las dos primeras plantas son propiedad de Ecopetrol S.A., la tercera pertenece a un grupo inversionista y tiene una menor cantidad de procesos en comparación con las dos primeras. Actualmente, la capacidad nacional de producción de combustibles líquidos excede en volumen a la demanda en algunos de estos productos como el diésel. Por esta razón, los refinados del petróleo también figuran dentro de la canasta exportadora con un 5,03 % del total en 2021. Sin embargo, a pesar de esto, se requiere la importación de gasolina de alto octanaje, jet y diésel de alta calidad, para abastecer la demanda y mejorar la calidad que exige la normatividad colombiana. La importación de combustible puede ser atenuada considerando varias alternativas, entre las cuales se encuentran la disminución de la demanda interna de combustibles en el marco de las políticas de descarbonización del país, aumentar el porcentaje de mezcla de los biocombustibles, o aumentar la producción y capacidad de refinación interna.

4. **Es posible mantener los niveles actuales de producción y reservas de hidrocarburos, hasta que la demanda empiece a reducirse.** Considerando que la TEJ es un proceso gradual, planeado y pertinente, el país debe asegurar que la actividad exploratoria, las reservas de hidrocarburos y los volúmenes de producción se mantengan en las proporciones necesarias para garantizar la seguridad económica y energética. Además, tal como se evidencia en el histórico de reservas de gas, el país ha enfrentado una tendencia decreciente en la última década. Los recientes descubrimientos de gas *offshore* permitirían asegurar la autosuficiencia y seguridad en el suministro de este energético, a medio y largo plazo. A corto plazo, se requiere una gestión adecuada que permita



materializar los recursos encontrados recientemente en el *onshore*, para garantizar los volúmenes de gas requeridos en el marco de la transición que se adelanta.

- 5. Se deberá fortalecer la articulación entre Ministerios para avanzar en estrategias de diversificación económica.** En 2019, los aportes fiscales hacia el Gobierno Nacional Central y las entidades de todo orden por parte del sector de hidrocarburos más de 33 billones de pesos y representaron el 3,14 % del PIB de ese año. El impuesto de renta, las regalías y los dividendos de Ecopetrol fueron los componentes con una mayor relevancia, representando, en conjunto, cerca de 18 billones de pesos, es decir, el 1,77 % del PIB. En efecto, la contribución del sector de hidrocarburos al Gobierno Nacional Central y a las entidades de todo orden en materia fiscal es significativa. A partir de este vínculo con la actividad de E&P (Exploración y Producción) de hidrocarburos, se identifica una importante correlación entre el precio internacional del petróleo y la recaudación fiscal por hidrocarburos, que somete a la economía a niveles altos de volatilidad, riesgo e incertidumbre (Arroyo y Cossío Muñoz, 2015). Esto es corroborado por el Minhacienda (2018), que indica que, ante un aumento en los precios del petróleo de US\$1, los ingresos de la nación aumentan entre 145.000 y 116.000 millones de pesos; pero ante una disminución de US\$1 en dichos precios, disminuyen en cerca de 212.000 millones de pesos, siendo este último efecto de mayor magnitud. Esto justifica la necesidad que tienen los gobiernos de buscar una mayor diversificación en las fuentes de ingreso, con el fin de evitar, entre otros problemas asociados, la pereza fiscal, es decir, la tendencia de los gobiernos dependientes de los ingresos provenientes de la explotación de recursos naturales a reducir las iniciativas para recaudar impuestos generales en el resto de la economía (Gómez Sabaini et al., 2015). En las Figuras 8 y 9 se presentan las posibles trayectorias del crudo y el gas en el país según las proyecciones realizadas en los escenarios de transición energética justa presentados por el Ministerio de Minas y Energía en agosto de 2024 (Minenergía, 2024b).

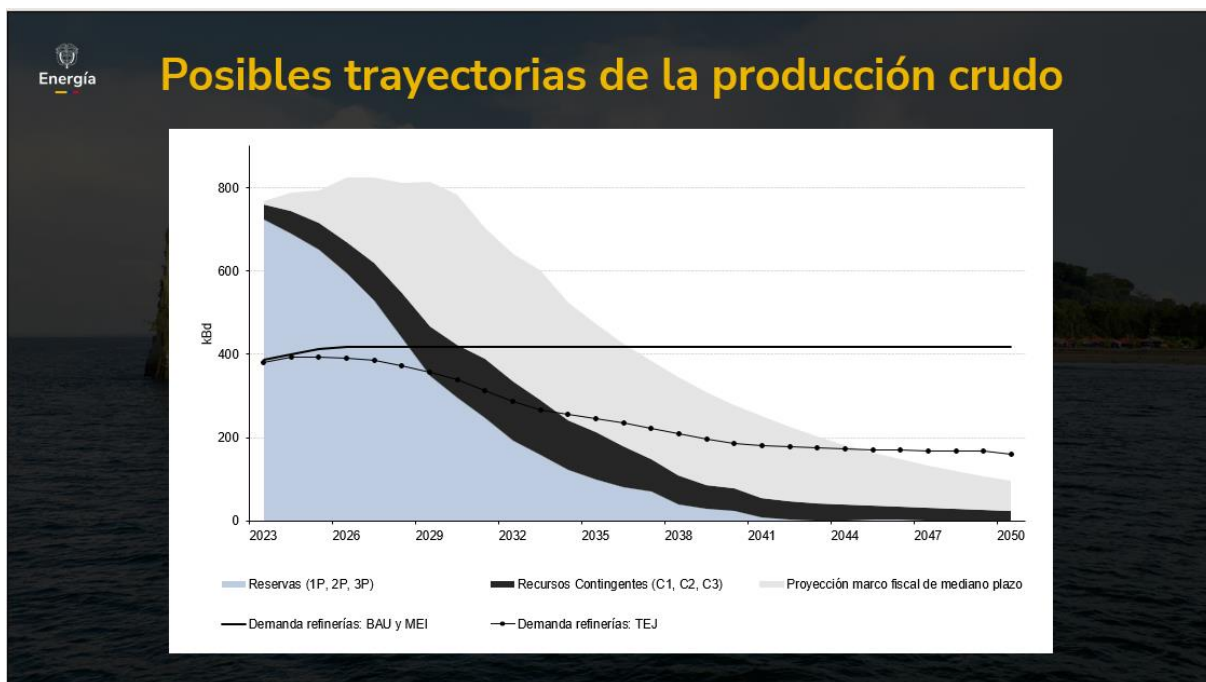


Figura 8. Escenarios trayectoria de la producción de crudo dentro de la Transición Energética Justa

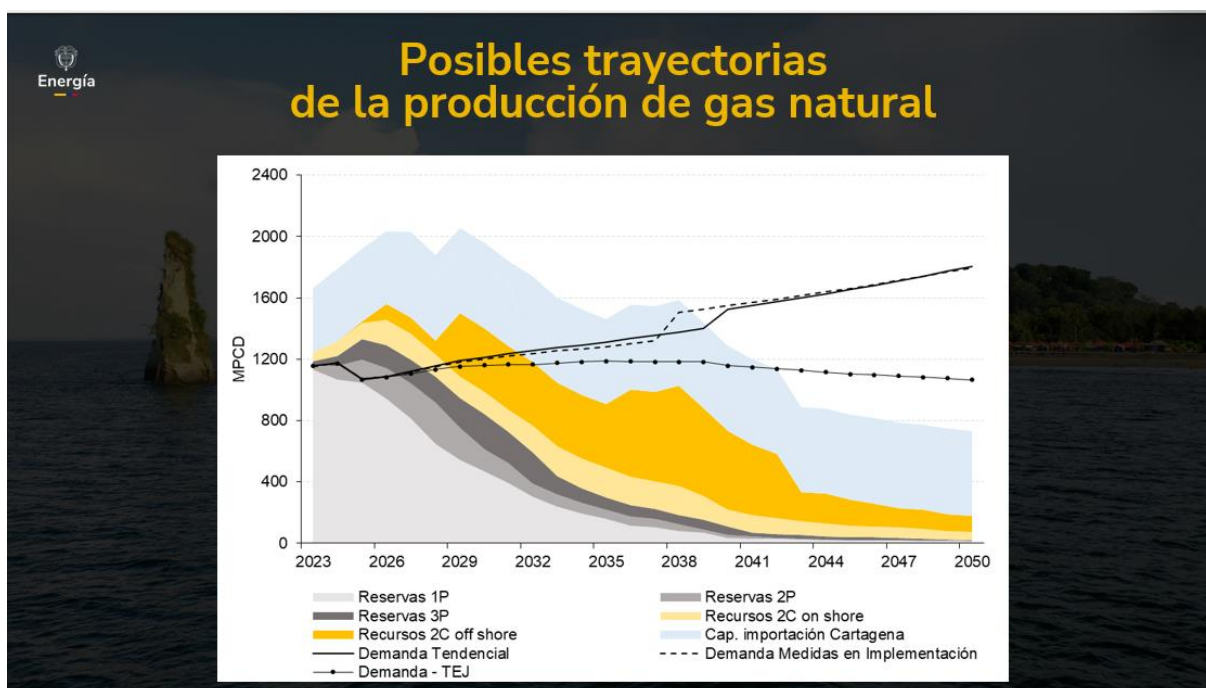


Figura 9. Escenarios trayectoria de la producción de gas natural dentro de la Transición Energética Justa

Adicionalmente, con base a las proyecciones y condiciones del sector de hidrocarburos, en Colombia las acciones se dirigen hacia líneas de trabajado basadas en (i) Gestión eficiente de reservas de hidrocarburos para la soberanía energética, y (ii) Transición integral del sector hidrocarburos. Estas estrategias implican el cumplimiento de las políticas de acción climática y descarbonización con un fuerte enfoque en el fomento de la reindustrialización y diversificación productiva. Se enfatiza que la producción de nuevos energéticos, que será detallada en la sección

3.5, es una oportunidad para generar nuevos eslabones económicos dentro del sector extracción de hidrocarburos además de aprovechar la infraestructura vigente (ver Figura 10).

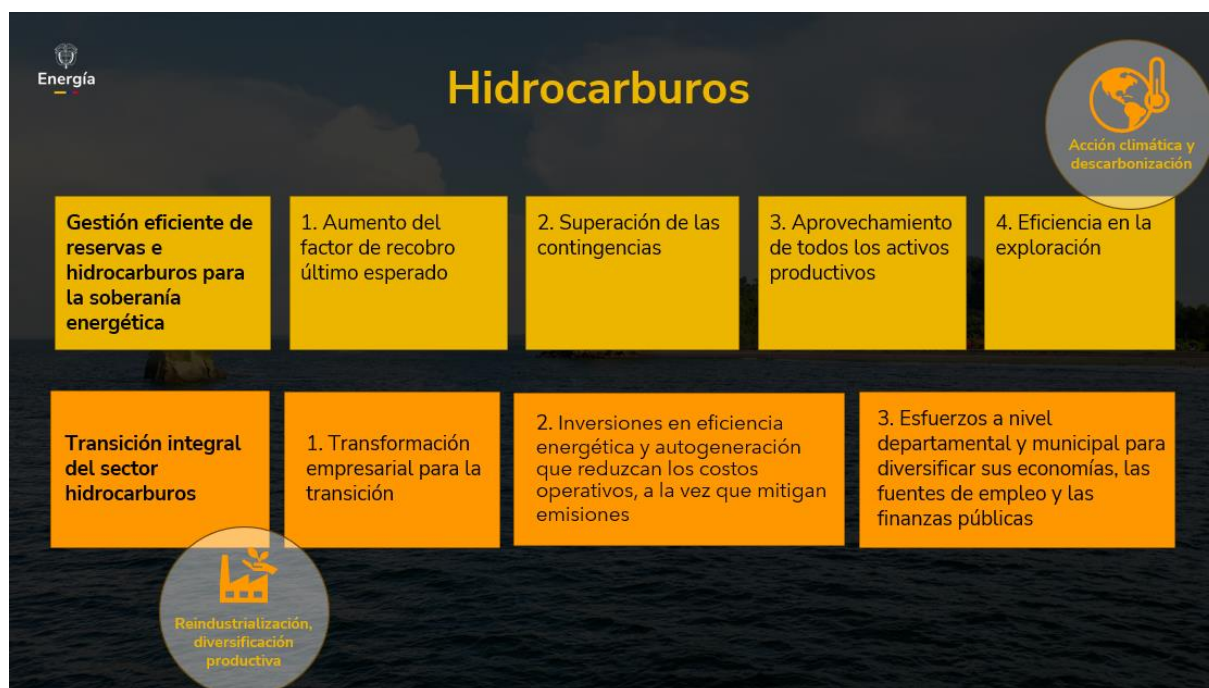


Figura 10. Líneas estratégicas y acciones para la Transición Energética Justa en el sector de Hidrocarburos

## 3.2 MINERÍA DE CARBÓN

### Hacia una Transición Energética Justa en el sector de la minería de Carbón:

La minería de carbón térmico representa un sector crucial en el proceso de transición energética del país ya que no solo juega un papel importante en el suministro energético y la estabilidad económica del país, sino que también es un sector con alta demanda de mano de obra, lo que lo convierte en el sustento de miles de familias. No obstante, su relevancia requiere especial atención debido a que las perspectivas de este sector son más limitadas en el tiempo en comparación con las de los hidrocarburos. Por ello, una de las estrategias clave en la transición consiste en preparar tanto al país como a las comunidades que dependen de este sector frente al eventual declive de la demanda de carbón térmico. Entre los ejes fundamentales de esta transición, se encuentran los siguientes

1. **El carbón térmico colombiano es particularmente vulnerable a los procesos de transición energética global.** El carbón representó 43,5 % de la oferta mundial de energía en 2021. De los 272 exajulios de energía que provinieron del carbón, un 60,6 % se destinaron a la generación de electricidad y a usos relacionados con calor, y un 39,4 % a otros usos en el sector energético (IEA, 2022m). Ahora bien, dado que Colombia exporta más del 90 % del carbón que extrae, especialmente el térmico, es necesario identificar las tendencias del mercado para orientar de manera estratégica el desarrollo económico del

país. El auge de las renovables a nivel mundial ha relegado la generación de electricidad con combustibles fósiles, especialmente con carbón y, de manera incremental, está afectando su cuota de mercado en los mercados eléctricos (IEA, 2022). De acuerdo con el reporte más reciente sobre el mercado de carbón (IEA, 2023), si bien en 2022 se llegó a un pico de 8415 Mt y en 2023 se proyectaba un pico histórico de 8536 Mt, a partir de 2024 la Agencia proyecta una reducción en la demanda global de carbón. Según el más reciente World Energy Outlook (IEA, 2023a), en todos los escenarios analizados se espera que la demanda mundial de carbón empiece a decrecer a partir del bienio 2024-2025, con diferentes tasas de descenso que varían entre las distintas regiones del mundo (IEA, 2023b). En la Figura 11 se presentan los escenarios del carbón térmico y metalúrgico según el trabajo realizado en el documento de escenarios de transición energética justa.

2. **A nivel doméstico, la demanda de carbón se verá afectada por el avance de las FNCER y la electricidad en la matriz energética.** La creciente competitividad y costo-eficiencia de las energías renovables, reflejadas en menores costos tanto de inversión, como de generación (Planas y Cardenas, 2019), ha incidido en que la generación con FNCER pueda ofrecer precios muy bajos en contratos de largo plazo, e incluso en ventas de energía en bolsa. Esto puede llevar a que las carboeléctricas más viejas, ineficientes y cercanas a potenciales desarrollos de energía con FNCER sean desplazadas del despacho a corto y mediano plazo (Planas y Cardenas, 2019). Esta situación tiene una nueva arista que generará retos adicionales para el sector carboeléctrico colombiano, así como aún más ventajas para el tránsito a las FNCER: los volátiles y crecientes costos de la generación con carbón. Primero, al sector lo afecta la alta volatilidad de los precios de internacionales de carbón, que en 2022 llegaron a superar los 360 USD/tonelada (Investing.com, 2023). Como lo explica el presidente de Fenalcarbón (FENALCARBÓN, 2023), en contextos de altos precios internacionales de carbón, la producción nacional recibe un fuerte incentivo para exportar, lo que puede llevar a aumentos en los precios nacionales de este energético. Mientras unas estimaciones calculaban que en 2021 el costo marginal de generar con carbón era de aproximadamente 140 COP/kWh (Huxham y Anwar, 2023), los datos para abril de 2023 de solo el costo promedio de referencia del combustible fueron de más de 197 COP/kWh. Este tipo de situaciones hace que la carbo-electricidad sea una tecnología con tendencia de costo ascendente, situación que puede ser agravada por un segundo tema: la entrada en vigor del impuesto al carbono. De acuerdo con lo previsto por el art. 22 de la Ley 2277 de 2022 (reforma tributaria) empezará costando 52.215 COP/tonelada de carbón, tarifa que crecerá de acuerdo con el incremento en el índice de precios del consumidor más un (1) punto hasta que sea equivalente a tres (3) UVT por tonelada de carbono equivalente (CO<sub>2</sub>eq).

3. **Un sector carbonífero eficiente energéticamente y más bajo en emisiones de GEI tiene mayores probabilidades de perdurar, consiguiendo tiempo para realizar las transformaciones económicas a nivel territorial.** Los procesos de extracción del carbón son intensivos en uso de energía (combustibles líquidos y energía eléctrica principalmente) y representan aproximadamente el 10 % de los costos de producción. Implementar medidas de eficiencia energética junto con proyectos de autogeneración no solo harán que los costos de producción disminuyan, sino que a su vez reducirán las emisiones de alcance 1 y 2.
4. **Robustecer el tejido económico y fiscal mediante el fortalecimiento de alternativas distintas a la minería, a la vez que se acompaña el sector para hacer una gestión integral de las operaciones mineras, permite mitigar el riesgo de posibles cierres intempestivos.** En el marco de la diversificación productiva y la reconversión laboral, la Transición Energética Justa es una oportunidad para dinamizar los mercados laborales. Sobre el futuro laboral a nivel mundial, el Foro Económico Mundial (WEF, 2023) estima que existe un crecimiento exponencial en empleos derivados de tecnologías de energías renovables para la mitigación del cambio climático y asociados a sustentabilidad, dado que desde 2015 los empleos han incrementado 40 %, con una tasa anual de aumento entre 9% y 13%. La transición puede incentivar 30 millones de empleos a nivel mundial en tecnologías limpias, eficientes y de bajas emisiones (WEF, 2023). La Organización Internacional del Trabajo (OIT) y el Banco Interamericano de Desarrollo (BID), en la investigación “El empleo en un futuro de cero emisiones netas en América Latina y el Caribe” (Saget et al., 2020), reconocen que las oportunidades de empleo y la disminución de las emisiones de GEI en la región se concentrarán, en mayor medida, en el sector agroalimentario y, en menor medida, en la descarbonización del sistema energético (Saget et al., 2020). Existe un consenso sobre la necesidad de impulsar procesos de diversificación de economías en territorios altamente dependientes de las actividades extractivas de carbón térmico. Es entonces clave vincular la cadena de valor del sector minero-energético y las economías productivas territoriales a los procesos de transición energética.

De manera complementaria, el Viceministerio de Minas está en proceso de la reglamentación del artículo 24 de la Ley 1753 de 2015. Esta norma establece que “el Gobierno Nacional establecerá las condiciones ambientales, técnicas, financieras, sociales y demás que deberá observar el titular minero al momento de ejecutar el plan de cierre y abandono de minas, incluyendo el aprovisionamiento de recursos para tal fin y/o sus garantías. Adicionalmente, se establecerá el procedimiento para la aprobación del mencionado plan y el



cumplimiento de esta obligación.” La reglamentación de esta normativa se está abordando con una perspectiva integral. Es decir, que se aborden las condiciones: técnicas y operativas, sociales, laborales y financieras, así como la regulación del plan de cierre y sus contenidos mínimos. Por otro lado, está la propuesta de articulado de la “Ley Minera para la Transición Energética Justa, la Reindustrialización Nacional y la Minería para la Vida”, fruto de más de quince (15) meses de un diálogo social amplio y plural. En el título III sobre el “Desarrollo de la actividad minera” se prevé el cierre minero como una actividad transversal a todo el ciclo minero. Se ve de manera integral pues se define como el “conjunto de actividades progresivas y definitivas destinadas a clausurar en debida forma la operación minera de acuerdo con los parámetros ambientales, mineros, sociales, culturales, laborales, económicos, geotécnicos, geoquímicos e hidrogeológicos previstos en el contrato o convenio, así como en los instrumentos mineros y ambientales requeridos” (art. 80). Además, se prevé el instrumento en el que se deben plasmar las actividades, Plan de Cierre “que contendrá medidas destinadas al cierre progresivo y definitivo” con un contenido mínimo: cierre técnico, minero y operativo, cierre socioambiental, y cierre laboral (art. 84). Se establece también un apartado relativo al Financiamiento del cierre de la actividad minera (art. 89); y se prevé un Régimen de Transición en el que se busca que todos los títulos vigentes a la expedición de la norma deben tener un plan de cierre incluida una financiación (art. 90).

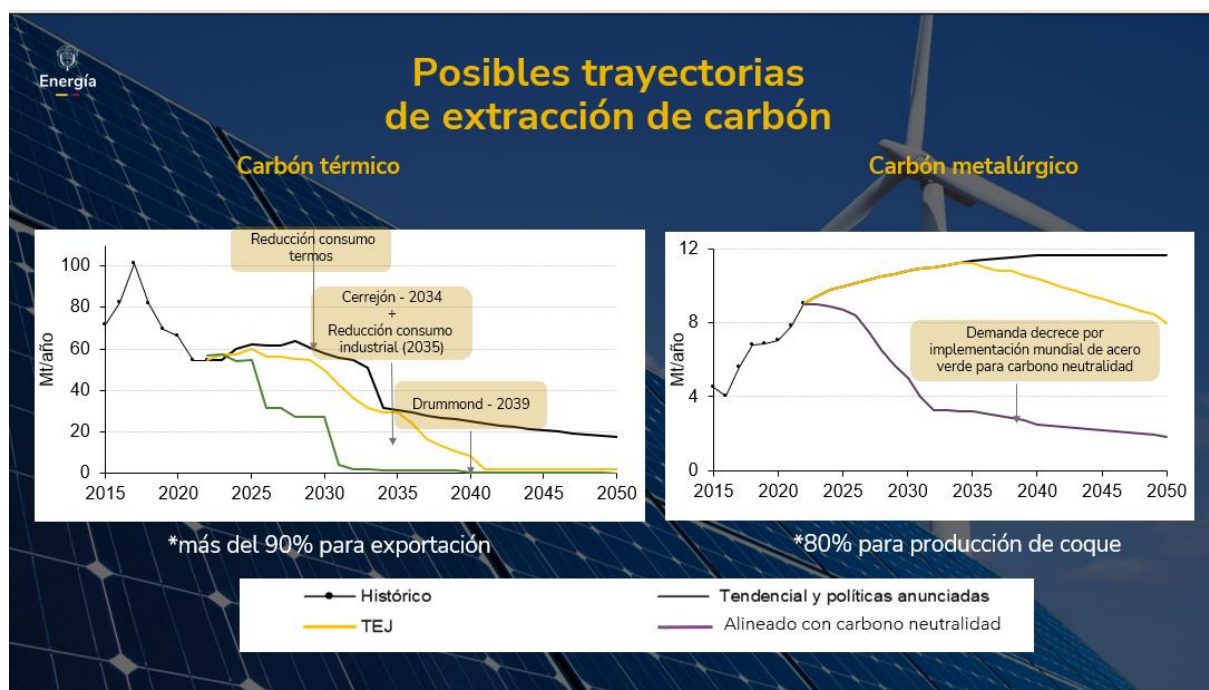


Figura 11. Escenarios de Transición Energética Justa en extracción de carbón

Con base en los escenarios y condiciones del mercado de carbón en Colombia para lograr una Transición Energética Justa del sector carbón, el Ministerio de Minas y Energía se enfoca en la construcción de Distritos mineros para la diversificación productiva sustentados en el decreto

977 del 2024, que reglamenta el artículo 231 de la Ley 2294 de 2023. En la Figura 12 se presentan las actividades asociadas a esta iniciativa.

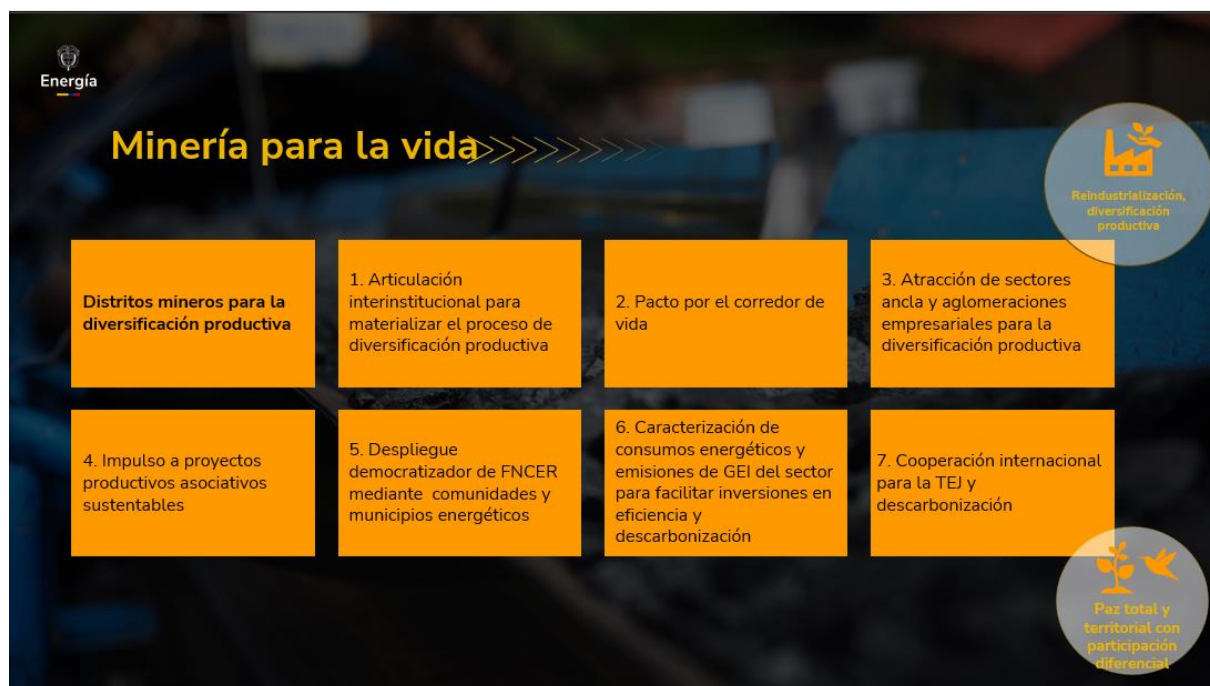


Figura 12. Acciones para la consolidación de Distritos Mineros para la Diversificación Productiva.

Los territorios con mayor dependencia a la extracción del carbón tienen un alto potencial energético para la implementación de proyectos FNCER a diferentes escalas. Con ello, se pueden establecer encadenamientos económicos que contribuyan a la reindustrialización y promuevan la participación territorial para la paz (ver Figura 13).



Figura 13. Transferencias eléctricas en territorios con alta dependencia al carbón como parte de la diversificación fiscal y económica.

### 3.3 EXTRACCIÓN DE OTROS MINERALES Y REINDUSTRIALIZACIÓN

#### Hacia una Transición Energética justa en el uso de nuevos Minerales para la Reindustrialización:

1. **La soberanía sobre el conocimiento geocientífico permite determinar cómo, dónde y para qué sí se van a extraer los minerales en Colombia.** La demanda de minerales para la transición tiene un crecimiento exponencial. De acuerdo, al Banco Mundial, en su documento “Minerales para el cambio climático” se puede anticipar un alto crecimiento de la demanda de minerales para el despliegue de tecnologías energéticas y de almacenamiento a 2050. Esto aplica particularmente en un escenario en el cual se cumplan condiciones de no llegar a un calentamiento de la atmósfera por encima de los 2°C, como el Acuerdo de París, y los compara con cifras de demanda anual en 2018. De este modo, se presenta la proyección de demanda y el crecimiento porcentual en comparación con 2018, que para 2050 tendrán cada uno de los 17 minerales considerados como estratégicos para el cambio climático por el estudio del Banco Mundial, siendo el aluminio el más demandado para este periodo, seguido del grafito, el níquel, el cobre y el zinc. Se evidencia que en Colombia el níquel se posiciona como uno de los minerales con mayor crecimiento, con 38.000 toneladas en 2021 y, cuyos principales destinos de exportación son China (69 %), Europa (25 %), América (5 %), y África (1 %) (Urrego, 2022). También hay un alza en el interés de exploración y explotación de cobre en la zona sur del país y en el hierro en los departamentos de Cundinamarca y Boyacá para la industria del acero, y una producción más marginal en los departamentos del Cauca y La Guajira.
2. **La formalización de distintas operaciones mineras es crucial para construir paz territorial, así como para la protección del ambiente, la reindustrialización y el incremento de ingresos fiscales para Nación y los territorios.** La minería en Colombia enfrenta desafíos significativos en términos de informalidad e ilegalidad que han generado impactos socioculturales, económicos y políticos en las comunidades mineras. La falta de presencia integral del Estado en muchas regiones ha exacerbado estos problemas, creando tensiones en la regulación y percepción de la actividad minera. Frente a este contexto, la formalización de la minería no solo es una obligación económica, sino también social y ambiental.

La formalización minera, tanto social como económica permite al Estado ejercer controles efectivos sobre la actividad garantizando el cumplimiento de regulaciones ambientales, laborales y fiscales lo cual contribuye a la protección del ambiente, mejora las condiciones laborales, reduce los riesgos asociados con la minería informal, y facilita el acceso a financiamiento y tecnología impulsando la productividad y competitividad del sector.

La formalización también promueve la transparencia y la legalidad en la cadena de valor, combatiendo la minería ilegal, el contrabando y la evasión fiscal, creando un entorno atractivo para la inversión extranjera, al tiempo que genera mayores ingresos para los mineros y el país. Así mismo, fomenta programas de desarrollo social que benefician a las comunidades, promoviendo la inclusión y el bienestar.

- 3. La empresa pública minera es un componente crucial para llenar aquellos vacíos que, por complejidad, riesgo o necesidad social, no pueden asumir las empresas privadas.** El proyecto ECOMINERALES tiene como propósito liderar en Colombia o en el exterior actividades de exploración, construcción, explotación, cierre minero, transformación y comercialización de minerales, orientadas principalmente a la industrialización del país, la transición energética, el desarrollo agrícola y la infraestructura pública. Además, incluye actividades de investigación, desarrollo e innovación en toda la cadena productiva, ya sea directamente o mediante contratos con entidades públicas o privadas, nacionales o extranjeras.

Como empresa, ECOMINERALES busca posicionarse para asumir un papel central en la formalización y transformación de la minería en Colombia. Su presencia puede mitigar los efectos nocivos de la minería ilegal, combatir actividades ilícitas como el lavado de dinero y contribuir a la seguridad nacional. Además, ECOMINERALES puede promover la paz y estabilidad en regiones mineras, respetando los derechos de las comunidades étnicas y campesinas, reduciendo tensiones socioambientales.

Al asumir un enfoque responsable y transformador, ECOMINERALES puede contribuir al desarrollo de un modelo minero sostenible que fomente la industrialización del país, impulse la transición energética justa y promueva la inclusión de las comunidades en el desarrollo del sector.

- 4. Para que la minería para la vida se materialice, como base de la reindustrialización, es esencial modernizar la legislación minera y alinearla con el ordenamiento alrededor del agua, las personas y la vida.** La demanda de minerales está aumentando debido a las transiciones energéticas a nivel global y los compromisos establecidos en el Acuerdo de París. Los cambios geopolíticos a nivel global también influyen en esta decisión. El Ministerio de Minas y Energía se trabaja en una revisión de fondo de la regulación minera del país. En febrero de 2024 se ha publicado para comentarios de la ciudadanía el borrador de la *Nueva Ley Minera para la Transición Energética Justa, la Reindustrialización y la Minería para la Vida*. El texto propuesto busca organizar la actividad minera en Colombia a partir de cinco pilares principales: (1) **Desarrollar las actividades mineras según un esquema de planificación** basado en la determinación



de zonas aptas para la minería a partir del cruce de variables ambientales, sociales, culturales con el potencial geológico de los territorios, evitando conflictos sociales y ambientales por posibles traslapes con zonas excluidas de la minería a través de una nueva tipología de zonas excluidas que busca la protección del agua y los ecosistemas estratégicos del país; (2) **Desarrollar las actividades mineras cuidando los territorios**, estableciendo una licencia ambiental integral, medidas más estrictas en materia de cierre minero, garantizando el derecho fundamental a la Consulta Previa Libre e Informada cuándo aplique y mejorando los esquemas de control y fiscalización a los titulares mineros; (3) **Desarrollar las actividades mineras con propósito**, al establecer criterios para que la extracción de minerales esté alineada con las políticas de reindustrialización y Transición Energética Justa y con la estrategia de Diversificación Productiva; (4) **Desarrollar las actividades mineras de manera incluyente**, creando medidas de fomento y estableciendo garantías para la minería artesanal y a pequeña escala, así como estableciendo figuras para la extracción de minerales en zonas de comunidades étnicas; (5) **Desarrollar las actividades mineras haciendo una gestión integral del conocimiento minero**, buscando la constitución de sistemas de información públicos e interoperables y garantizando la disponibilidad de los datos técnicos, mineros, geológicos, ambientales, sociales, económicos, de catastro, fiscalización, trazabilidad de minerales y de trámites asociados al sector.

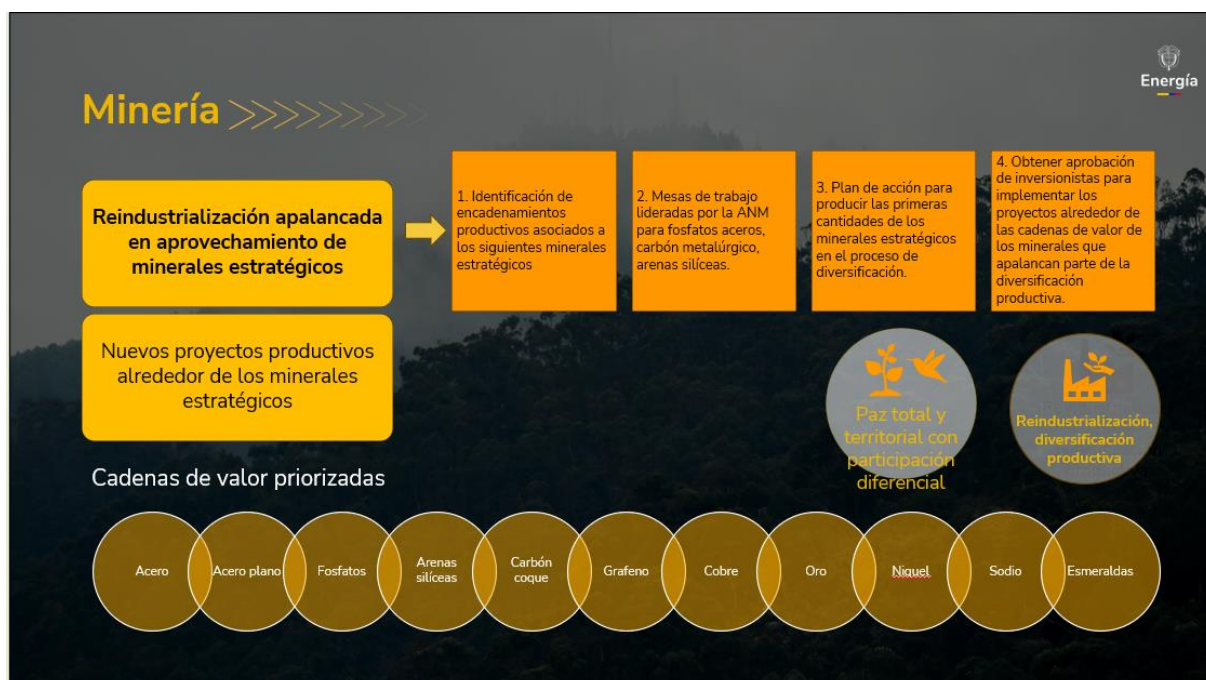


Figura 14. Línea de acción para la reindustrialización apalancada en aprovechamiento de minerales estratégicos.

5. Colombia posee un gran potencial para la extracción y el procesamiento de minerales estratégicos fundamentales no solo para la Transición Energética. La definición de estos minerales responde a las directrices de política pública establecidas



por el Gobierno nacional en el Plan Nacional de Desarrollo 2022-2026, titulado “Colombia Potencia Mundial de la Vida”, así como a los lineamientos aprobados por el Consejo Directivo de la ANM mediante el Acuerdo No. 01 de 2023. Estos lineamientos se basan en una evaluación de criterios clave para identificar los minerales estratégicos, tales como:

1. La soberanía del Estado colombiano sobre los recursos minerales de propiedad estatal.
2. La existencia de ambientes geológicos favorables y la priorización de la investigación.
3. La demanda de minerales para la transición energética.
4. La necesidad de minerales para garantizar la seguridad alimentaria.
5. La demanda de minerales para el desarrollo industrial y la infraestructura pública.
6. La importancia del autoabastecimiento mineral.
7. La promoción de la asociatividad entre pequeños y medianos mineros.

En este contexto, un mineral estratégico en Colombia es aquel que puede satisfacer la demanda interna actual o futura, contribuyendo al desarrollo industrial necesario para avanzar hacia una transición energética gradual y sostenible, basada en fuentes limpias de generación. Además, estos minerales son fundamentales para impulsar la reindustrialización de la economía, fortalecer la construcción de infraestructura pública y apoyar el desarrollo agrícola. Asimismo, son considerados estratégicos aquellos minerales que promuevan esquemas asociativos entre pequeños y medianos mineros y fomenten la formalización colectiva de mineros informales. Este enfoque busca facilitar una planificación integral del sector minero, actualmente inexistente, y garantizar un uso racional y sostenible de los recursos minerales de propiedad estatal. En conjunto, estas acciones apuntan a consolidar un sector minero productivo, competitivo y comprometido con buenas prácticas técnicas, sociales y ambientales. Los minerales estratégicos definidos en la Resolución 1006 del 30 de noviembre de 2023.

Adicionalmente, Colombia participó en la construcción de los principios para orientar la transición energética crítica de minerales hacia la equidad y la justicia, de naciones (ONU, 2024), proceso liderado por las Naciones Unidas. Se incluyen los siguientes principios rectores voluntarios sobre minerales críticos para la transición energética:

- Principio 1. Los derechos humanos deben estar en el centro de todas las cadenas de valor de los minerales.
- Principio 2. Debe salvaguardarse la integridad del planeta, su medio ambiente y su biodiversidad.
- Principio 3. La justicia y la equidad deben sustentar las cadenas de valor de los minerales.

- Principio 4. El desarrollo debe fomentarse mediante el reparto de beneficios, la adición de valor y la diversificación económica.
- Principio 5. Las inversiones, la financiación y el comercio deben ser responsables y justos.
- Principio 6. La transparencia, la rendición de cuentas y las medidas anticorrupción son necesarias para garantizar la buena gobernanza.
- Principio 7. La cooperación multilateral e internacional debe sustentar la acción global y promover la paz y la seguridad.

Actualmente, el Ministerio de Minas y Energía promueve y desarrolla acciones de identificación para implementar encadenamientos productivos asociados a los minerales estratégicos. Los encadenamientos identificados tienen como fin dejar atrás el modelo extractivista basado en la comercialización de minerales sin procesar para así, promover la transformación nacional de los mismos, ya sea para obtención de productos de uso final o para productos semiterminados que sirvan a otras industrias como materia prima. Teniendo en cuenta que la TEJ es fundamentalmente una transición económica, los encadenamientos son medidos como un factor multiplicativo que induce impactos económicos en las regiones. Por un lado, el desarrollo de estas cadenas implica una ampliación en el número y calidad de los empleos. Por otro, se estima al implementar cadenas productivas, cada dólar producto del encadenamiento es multiplicado por un factor de 2,44 en la economía nacional. Las cadenas de valor identifican las oportunidades de minerales y productos asociados o concentrados como: acero, arenas silíceas, cobre, coque, esmeraldas, grafeno, níquel, oro, roca fosfórica y sodio. (Martínez Ortiz y Aguilar, 2013).

- Colombia es un importante productor a nivel regional y mundial de níquel y, aunque esté un poco alejado en volumen de producción del mayor productor que es Indonesia. Sin embargo, el país uno de los mayores importadores de este mineral actualmente, destinado a potenciar nuestra generación de valor agregado a través de la única planta de producción de ferroníquel del país, ubicada en el departamento de Córdoba. Es importante mencionar que el ferroníquel es el cuarto producto de exportación nacional tradicional (después del petróleo, el carbón y el café) y representa alrededor del 2,3 % de las exportaciones tradicionales del país, según el DANE. Haciendo énfasis en el Cobre, existe un alto potencial geológico en zonas como la serranía del Baudó, Mocoa y la serranía del Perijá, reconocido no solo por la investigación institucional, si no corroborado y ampliado con la exploración en concesiones mineras en estas zonas. Sin embargo, la producción nacional de este mineral es relativamente baja (cerca a las 10.000 toneladas de concentrado de mineral), si se compara con países vecinos como Chile y Perú, los dos principales

países productores de cobre en el mundo. En términos de exploración, el potencial cuprífero del país ha incentivado la realización de importantes campañas de exploración, principalmente en los departamentos de Córdoba, Chocó y Antioquia. No obstante, en muchos casos, el potencial cuprífero coincide con reservas forestales, zonas de protección ambiental, y con comunidades étnicas, así que la viabilidad y pertinencia de proyectos en estas zonas deberá ser analizada rigurosamente para saber si es posible o no desarrollar proyectos de expansión de la exploración y explotación de cobre en estos territorios, priorizando la protección ambiental y los derechos de las comunidades. En cuanto a la generación de valor agregado, existen los retos ambientales y sociales que nos presenta hoy en día la refinación de cobre a nivel mundial, así como su alto valor económico y el elevado requerimiento de suministro de mineral para viabilizar su inversión.

- En Colombia, el Hierro se extrae en los departamentos de Boyacá y Cundinamarca con una producción marginal en Cauca y La Guajira. El Hierro producido en los departamentos de Boyacá y Cundinamarca se utiliza para producir acero en Acerías Paz del Río. Dadas las apuestas de reindustrialización del Gobierno Nacional para la TEJ, el acero es uno de los materiales más demandados y, específicamente en la generación de energía a partir de renovables, se requiere para la producción de torres eólicas, paneles solares, torres de distribución de energía y para producir un sin número de insumos, así como para herramientas, maquinaria y equipos indispensables requeridos para la generación eléctrica.

**6. La transformación de los minerales estratégicos debe incorporar la generación de energía verde y limpia para atraer industrias electro-intensivas, como las de acero y silicio, que dependen de un suministro eléctrico estable, competitivo y sostenible.**

Las regiones que ofrecen tarifas de energía eléctrica competitivas son especialmente atractivas para las industrias electro-intensivas, ya que el costo de la energía representa un rubro significativo (en promedio 40% a 50%) de sus costos operativos. Colombia dispone de una ubicación estratégica en materia de radiación solar (Minenergía, 2024c). Al aprovechar su potencial solar, el país se dispone a ser más atractivo para la industria pues no solo avanza en la reducción de los costos energéticos, sino que también permite a estas industrias producir con huella de carbono más baja, cumpliendo con regulaciones ambientales estrictas y aumentando el valor agregado de sus productos en mercados exigentes. Es importante tener en cuenta que el desarrollo de la infraestructura de generación solar debe ir de la mano con un proceso de modernización de las redes eléctricas, pues la estabilidad en el suministro es crucial para evitar interrupciones en procesos industriales de alta intensidad energética. Adicionalmente, existe un reto para

digitalizar y modernizar las redes en vista de mejorar la distribución y la gestión de la energía renovable. Esto también puede contribuir a garantizar la flexibilidad del sistema frente a la variabilidad inherente de las fuentes renovables. Por lo tanto, la generación de energía renovable debe visualizarse como apalancador clave para el desarrollo regional y la transición energética. Esta estrategia no solo impulsa la competitividad de las industrias electro-intensivas, sino que también actúa como un motor de transformación económica y social para la región. Al fomentar la generación de energía limpia, se habilitan beneficios multiplicadores que incluyen la creación de empleos de calidad, el fortalecimiento de cadenas productivas locales y la mejora de la calidad de vida de la población. Además, esta iniciativa contribuye a los procesos de diversificación productiva, laboral y acelera la política de reindustrialización.

### 3.4 ENERGÍA ELÉCTRICA

#### **Hacia una Transición Energética Justa en el sector de energía eléctrica:**

La transformación del sector eléctrico en Colombia no solo implica un cambio en la matriz energética, sino que también se verá influenciada por los nuevos patrones de consumo. La electrificación de la economía provocará un incremento en la demanda de energía eléctrica, lo que obligará a una expansión del sistema eléctrico del país. En este contexto, será crucial garantizar la robustez y confiabilidad del sistema para asegurar un suministro energético que respalde el desarrollo y el crecimiento económico. Los principales para el sector eléctrico dentro de una Transición Energética Justa son:

- 1. Avanzar en los modelos de planeación y gestión. Colombia puede transitar a una matriz diversificada eléctrica 100% proveniente de fuentes renovables.** Se espera que para el final de esta década Colombia haya duplicado su capacidad instalada de generación de energía eléctrica y esto sea logrado, casi en su totalidad, a partir de FNCER (UPME, 2023). Estudios como los de IRENA (2018) indican que Colombia podría tener un parque de generación 100 % renovable hacia 2030, con los niveles de inversión suficiente para aumentar la capacidad de generación y almacenamiento en los nodos Córdoba-Sucre y Guajira-Cesar-Magdalena, así como transmisión entre la región Caribe y la región Andina. Ante esta situación, Colombia tendría la oportunidad de explorar trayectorias de electrificación en distintos sectores de la economía como medida de aceleración de las políticas de descarbonización.
- 2. El sistema eléctrico en Colombia se ha basado en modelos concentrados y centralizados. La TEJ avanza hacia un marco regulatorio basado en la justicia tarifaria, la democratización de la energía y la gestión territorial y comunitaria. La**

estructura del mercado eléctrico, desde el establecimiento de las leyes 142 y 143 de 1994, plantea elementos centrales tales como: 1) introducción de la libre competencia y fomento de la inversión privada, 2) privatización de las compañías estatales, 3) eliminación de la integración vertical y 4) reducción de la presencia del Estado. El principio de competencia se despliega con el establecimiento del mercado de energía mayorista a través del cual se crea el espacio para la realización de compra y venta de grandes bloques de energía a través de los contratos bilaterales y la Bolsa de Energía. Las actividades de transmisión y distribución, reconocidos como monopolios naturales quedan sujetos al régimen de “libertad regulada”. Como consecuencia de lo anterior, se le dio mayor participación al sector privado, limitando la presencia del Estado primordialmente a las actividades referenciadas en el marco institucional. A pesar de la confiabilidad total que el sistema ha generado en las últimas décadas, este se ha basado en modelos concentrados beneficiando a pocos actores empresariales en la cadena de valor de generación, transmisión, distribución y comercialización. Además, los proyectos de generación de energía eléctrica en Colombia se caracterizan por su alto grado de centralización con grandes proyectos hidroeléctricos. Las presiones sobre el uso, manejo y tenencia de la tierra y sobre el acceso al agua no solo se asocian a proyectos de extracción de recursos no renovables. Investigaciones han encontrado que estas problemáticas están presentes en la instalación de hidroeléctricas con embalse o con gran capacidad de generación (Martínez y Castillo, 2019). Como ejemplo de los anterior, en el Huila, la instalación de la hidroeléctrica de El Quimbo generó afectaciones que fueron reconocidas en la sentencia T-135 de 2013, que solicitó que se protegiera el derecho a la vida digna y mínimo vital de los afectados por la construcción de la represa.

- 3. Los proyectos de FNCER, desde la planeación, contienen enfoque social y ambiental donde se prioriza el diálogo social, la articulación intersectorial y los DDHH.** Se ha identificado que, en torno a proyectos de infraestructura de transmisión relacionados con nuevas iniciativas de FNCER en La Guajira, hay presiones sobre el uso de la tierra. Pero, como en el caso de las comunidades étnicas, sus tierras no pueden ser alquiladas o vendidas, los usos son compensados con el pago de dividendos a las comunidades indígenas (Vega-Araújo y Heffron, 2022). Estos conflictos han derivado en un retraso en los proyectos de infraestructura para la generación y transición de FNCER. Los retrasos e incidentes que han sufrido estos proyectos no solo amenazan la seguridad energética del país (Zapata et al., 2023), sino que ponen en evidencia la importancia de entender el contexto social, económico, ambiental y cultural que los enmarca, y cómo las buenas prácticas, fundamentadas en un diálogo social previo a la ejecución de los proyectos, serán







Figura 16. Líneas estratégicas para la Transición Energética Justa en el sector de energía eléctrica.

A continuación, se mencionan las acciones prioritarias e indicadores para la implementación de las líneas estratégicas mencionadas.



Figura 17. Acciones para la línea estratégica de Democratización de la Energía.

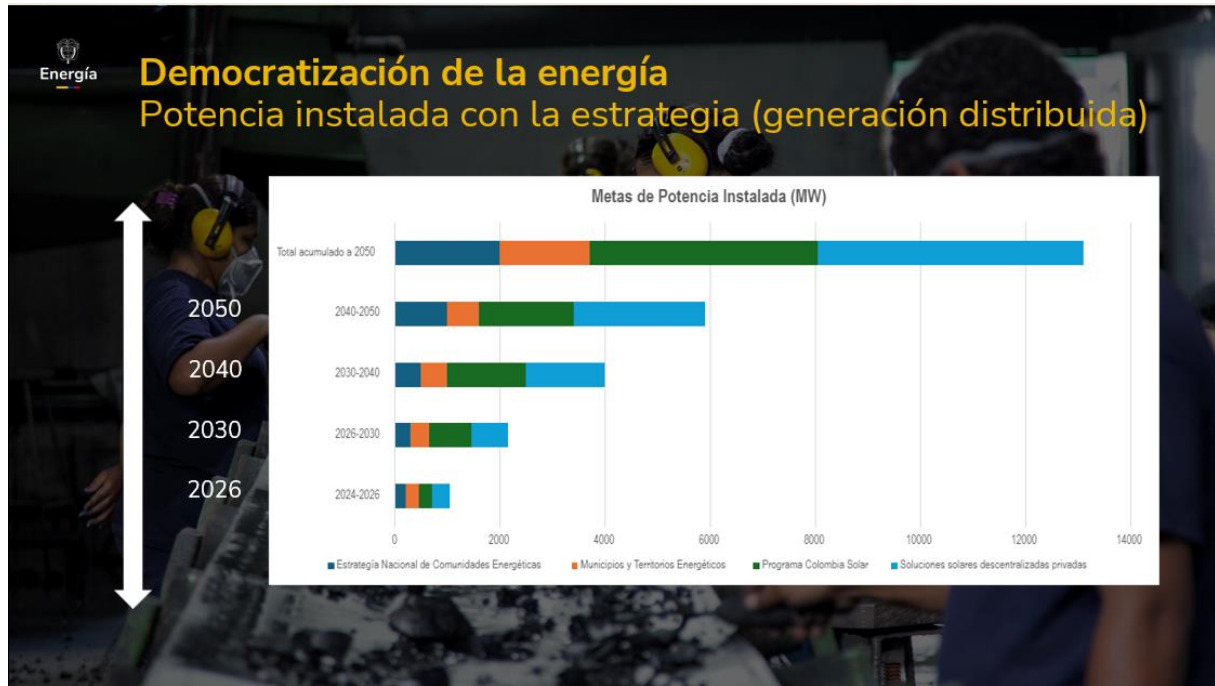


Figura 18. Metas de potencia instalada con la línea de acción de democratización de la energía.



Figura 19. Acciones para la línea estratégica de despliegue a gran escala de FNCER.





Figura 20. Metas de potencia instalada con la línea de acción de despliegue a gran escala



Figura 21. Acciones para la línea estratégica de Energía en Firme

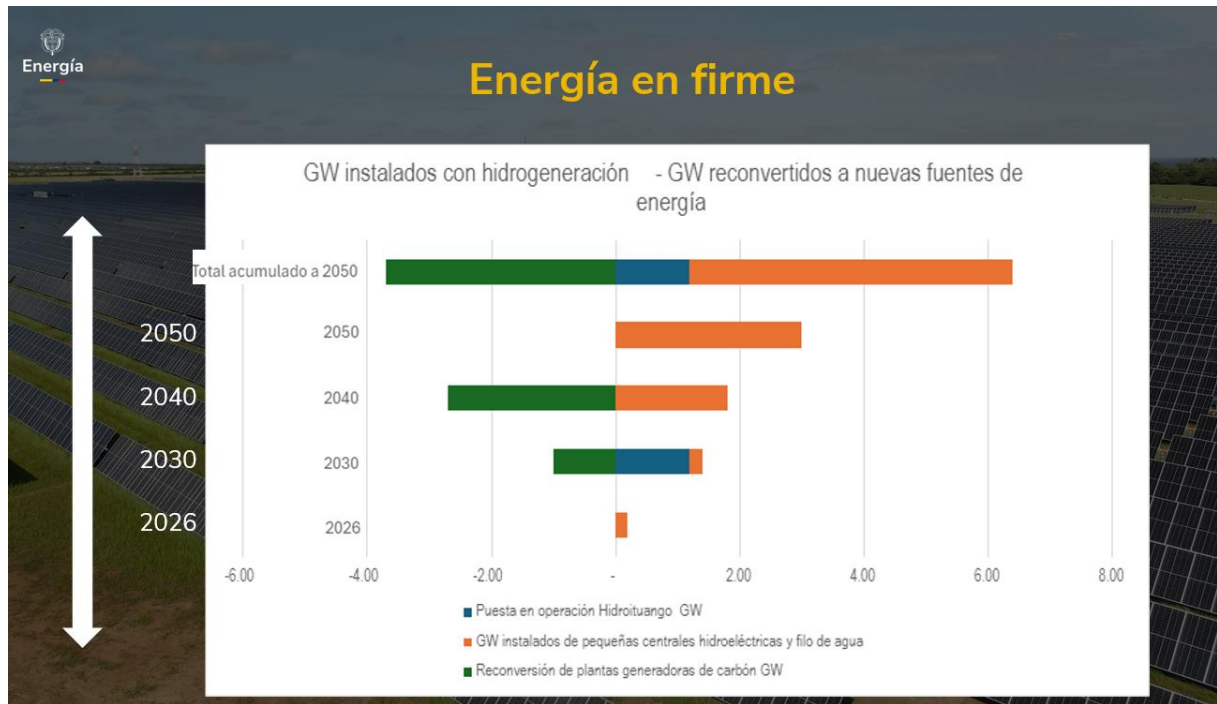


Figura 22. Metas de potencia instalada con la línea de acción de energía en firme

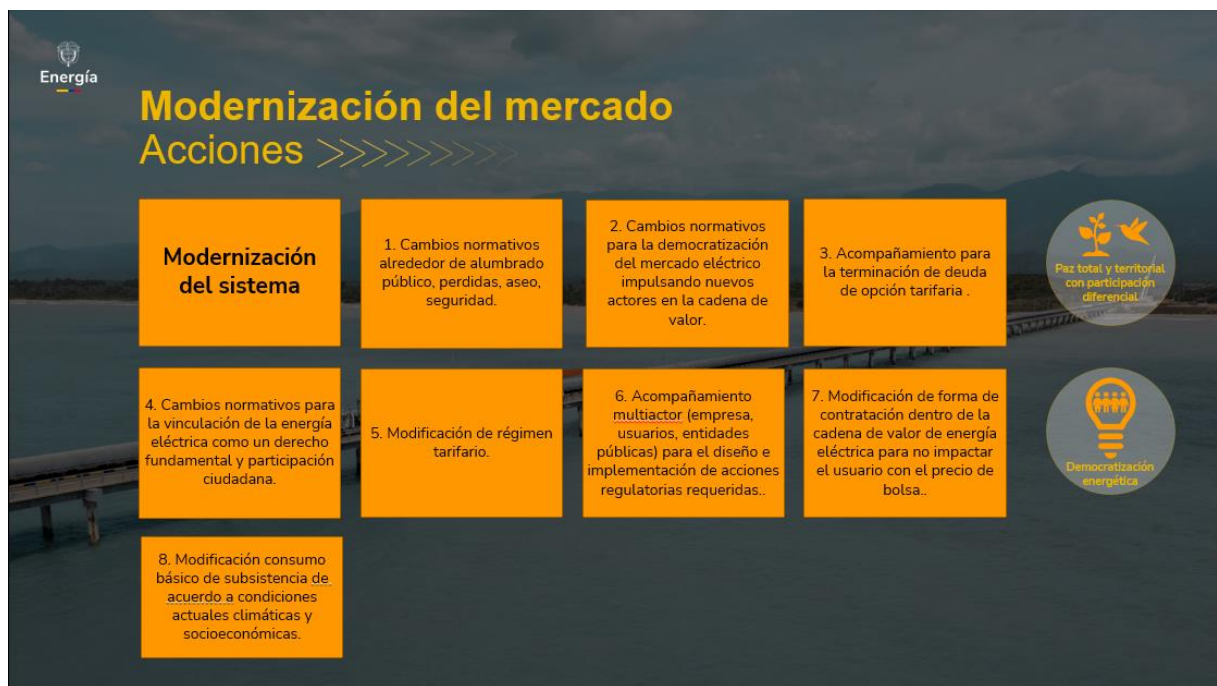


Figura 23. Acciones para la línea estratégica de Modernización del mercado



### 3.5 NUEVOS ENERGÉTICOS

#### Hacia una Transición Energética Justa en los nuevos energéticos:



Los nuevos energéticos son una gran oportunidad para diversificar la economía nacional con bajas emisiones. El hidrógeno, la bioenergía y el combustible sostenible de aviación (SAF por sus siglas en inglés), pueden ser vehículos para el fortalecimiento de la industria en el país. Dentro de los temas claves en esta discusión se encuentran los siguientes:

1. **El hidrógeno es una oportunidad estratégica para la descarbonización de la economía, principalmente en la industria. Puede ser clave para la producción de fertilizantes, amoníaco, metanol, acero y otras industrias emergentes como la producción de combustibles sintéticos (SAF).** La generación de hidrógeno de bajas emisiones no solo puede ser una fuente alternativa de energía, sino también desembocar en diferentes usos agrícolas e industriales que agregarían valor y eficiencia a la agricultura nacional. Para los países que se proyectan como potenciales productores y exportadores de hidrógeno, como Colombia (Rodríguez-Fontalvo et al., 2023), es recomendable mantener una visión crítica sobre las tendencias internacionales tanto en la oferta como en la demanda de hidrógeno y derivados, las viabilidades para su exportación (principalmente en forma de amoníaco), el tamaño potencial de los mercados y la potencial preferencia de estos por los productos derivados del hidrógeno verde. Si bien la apuesta de Colombia por el hidrógeno abre una ventana de oportunidades para diversificar tanto la oferta de energía interna como las exportaciones del país, existen aún múltiples retos por abordar. Ejemplo de ello son las dificultades logísticas y los altos costos de transportar dicho producto o sus derivados (IRENA, 2023; Liebreich, 2022). De cara a los desarrollos que se han dado desde la publicación de la Hoja de Ruta del Hidrógeno en Colombia (Minenergía, 2021) se vuelve crucial analizar con cuidado dichas tendencias internacionales, avanzar en la caracterización de potencial de otras formas de producción de hidrógeno de bajas emisiones, como el blanco, y cómo podrían contribuir a la diversificación de la oferta de hidrógeno en Colombia, impulsar a nivel nacional los usos estratégicos del hidrógeno y sus derivados, y diversificar las inversiones que se hagan en materia de transición energética y económica.

- 2. La bioenergía puede convertirse en parte fundamental de la matriz energética industrial, aprovechando los subproductos del mismo sector para aportar a la economía circular.** Respecto a la generación de electricidad con energéticos renovables, la bioenergía agrupa muchas tecnologías: gasificación, cogeneración, co-combustión, digestión anaeróbica y ciclo orgánico de Rankine (ORC, por su sigla en inglés). La bioenergía moderna, que excluye el uso tradicional de la biomasa, es la mayor fuente de energía renovable a nivel mundial ya que representa el 55 % de esta y más del 6 % del suministro mundial de energía. El escenario de emisiones netas cero para 2050 prevé un rápido aumento de su uso para desplazar a los combustibles fósiles en 2030. A nivel mundial, el uso de la bioenergía moderna ha aumentado una media del 7 % anual entre 2010 y 2021, y sigue una tendencia al alza. Es necesario redoblar los esfuerzos para acelerar su despliegue con el fin de alcanzar el escenario Net Zero, considerando el impacto social y ambiental que ello conlleva, con el fin de garantizar el equilibrio en el ecosistema y el desarrollo económico y justo de la sociedad. La contribución a la demanda de electricidad también respondería a las medidas de adopción de la industria buscando electrificar e incrementar el uso de bioenergéticos en usos tales como el calor directo e indirecto, especialmente en industrias de alto consumo energético. La bioenergía, a través del aprovechamiento de la biomasa y biogás para la producción de energía eléctrica, crecería apalancándose en un uso efectivo a los residuos agrícolas, pecuarios, urbanos e industriales, así como en procesos asociativos a nivel territorial hasta alcanzar cerca de 3,2 GW. La bioenergía es un eje fundamental para la generación de energía eléctrica, especialmente en usos distribuidos que aporten eficiencia, flexibilidad y firmeza al SIN.
- 3. La generación de energía eléctrica a partir de geotermia entrega energía confiable al país.** El potencial de generación de energía geotérmica también resulta aprovechable a lo largo de los volcanes de la cordillera Central, así como en las cuencas sedimentarias, donde se podría aprovechar la infraestructura existente de la industria de hidrocarburos. La energía geotérmica tiene el potencial de ser más estable que las energías renovables variables (solar y eólica) y con una amplia distribución a lo largo del planeta. Debido a su disponibilidad y al crecimiento y mejoramiento de las tecnologías para su aprovechamiento, su desarrollo ha crecido de forma continua en los últimos cincuenta años, con una tendencia a seguir creciendo en los años venideros. Esto gracias al desarrollo de nuevas tecnologías y la participación de nuevos sectores energéticos, como la industria de los hidrocarburos, con gran conocimiento y experticia en los procesos de exploración y desarrollo de las cuencas sedimentarias del mundo, donde es posible combinar tecnologías para aumentar los beneficios (IRENA y IGA, 2023).





Figura 23. Acciones para la línea estratégica de los Nuevos Energéticos





Figura 24. Indicadores de capacidad instalada en líneas estratégicas de Geotermia y Bioenergía.

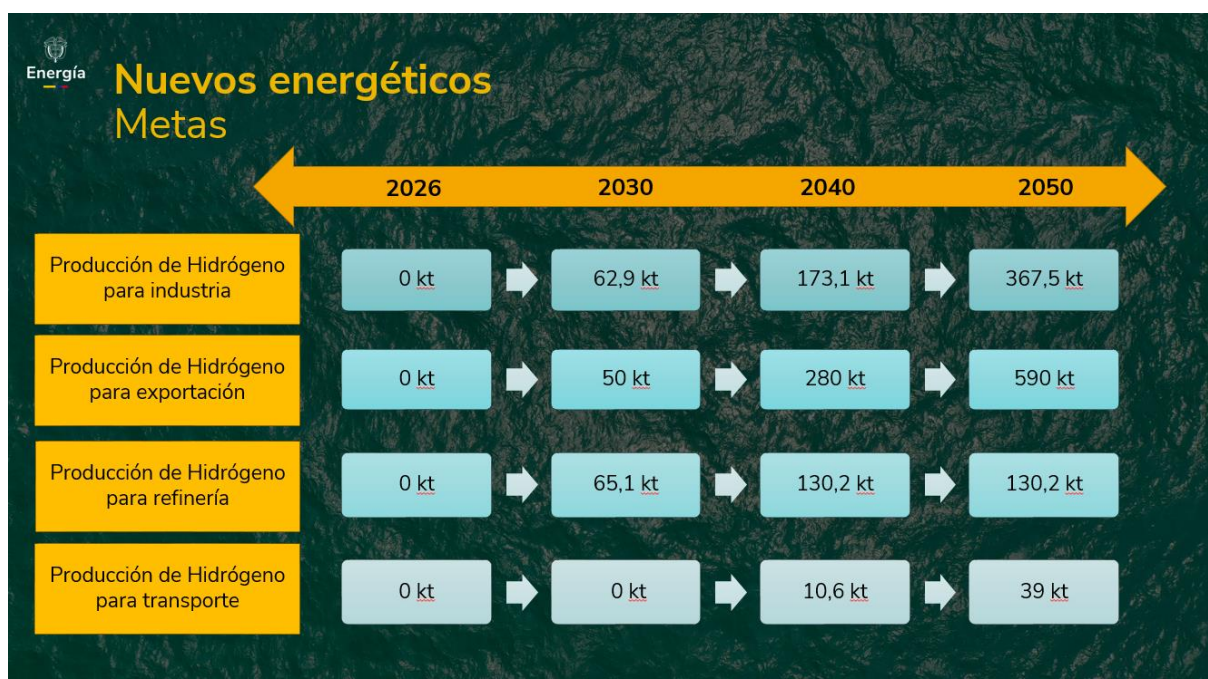


Figura 25. Capacidad instalada en Hidrógeno bajo sus diferentes usos correspondientes.

La inclusión de nuevos energéticos a la matriz eléctrica colombiana hace parte de las estrategias para lograr la soberanía energética enfatizando en el desarrollo nacional, reindustrialización y acción climática.

### 3.6 GESTIÓN EFICIENTE EN LA DEMANDA



La transición energética también implica modificar los patrones de consumo de los diferentes energéticos para hacer un uso eficiente de la energía. En este sentido, las acciones encaminadas a la gestión de la demanda no solo están enfocadas a cambios tecnológicos para reducir el consumo de combustibles fósiles en los diferentes sectores, sino que

también se concentran en ser más eficientes energéticamente en los diferentes sectores de la economía. Dentro de los diferentes análisis realizados en el proceso de construcción de la hoja de ruta, se identificaron temas clave en este proceso:

1. **La TEJ requiere que Colombia avance hacia un sistema de transporte multimodal, descarbonizado, sostenible e inclusivo donde se incluya el sistema férreo, se impulse la industria de la electromovilidad y se aporte a nuevos esquemas económicos y de acción climática.** El transporte es un sector con un alto potencial de transformación y descarbonización debido a su alto consumo energético, el cual ha estado históricamente dominado por los combustibles fósiles. En 2022, de acuerdo con los estimados del modelo de simulación, el consumo de energía en el sector de transporte fue diésel con un 44 %, gasolina con un 33 %, jet fuel con un 10%, biocombustibles (etanol y biodiésel) con un 8 %, gas natural vehicular con un 4 %, electricidad con un 0,1 %, y GLP 0,1 %. En el escenario de Transición Energética Justa, con estrategias de descarbonización, se llegaría a 2050 a un consumo final de 565 PJ. En este escenario, el consumo de combustibles fósiles líquidos se reduciría de 521 PJ en 2022 a 132 PJ del total en 2050, representando una disminución y un ahorro cercano al 75% del consumo de energéticos no renovables. Se denota la sustitución de estos combustibles por electricidad y un aumento en la eficiencia energética. Para el caso del transporte de pasajeros y carga, el impacto del cambio modal a transporte público y no motorizado, así como multimodalidad y optimización de la distribución de carga (férreo-terrestre-fluvial-marítimo) se perciben en un mejor uso de los energéticos y mejoras en el desempeño del transporte en general, en términos de kilómetros recorridos por unidad de energía e intensidad energética.



- 2. La electrificación en la demanda con generación a partir de FNCER es la llave para mayor eficiencia energética, descarbonización y surgimiento de nuevos sectores económicos.** Una de las apuestas principales estrategias implica la electrificación de la economía para que desde la demanda se logre establecer una reducción de GEI. El sector de energía representó 30,7 % de las emisiones de GEI en 2018. De esta cifra, 12,5 % correspondió al sector transporte; 8,1 %, a las industrias de la energía (incluyendo generación eléctrica, refinación de hidrocarburos y fabricación de combustibles sólidos); 4,3 %, a la quema de combustibles fósiles en las industrias manufactureras y de construcción; 3 %, a las emisiones fugitivas del sector extractivo (predominantemente extracción de petróleo), y 2,8 %, a otros sectores.
- Desde el sector transporte para establecer caminos hacia la descarbonización, la TEJ plantea pilares fundamentales como movilidad sostenible, transporte intermodal (incluyendo férreo) y ciudades inteligentes. Estas estrategias se adoptan teniendo en cuenta las políticas y medidas de movilidad y transporte a nivel mundial: movilidad sostenible, electromovilidad, gestión de la demanda del transporte, cambio modal, inter y multimodalidad (carga y pasajeros), sistemas de transporte inteligente y planeación urbana del transporte.
  - Para el sector residencial es importante reemplazar los consumos de energía fósil por FNCER y sustituir los usos de la leña, ineficientes y perjudiciales para la salud, por alternativas más limpias y seguras. Este cambio deberá tener en cuenta las condiciones climáticas, culturales y de género de las distintas poblaciones. Así, beneficiar al usuario final y crear nuevos sectores económicos mediante la implementación de tecnologías que se describen en Documento de potencial energético (Minenergía, 2024c), considerando su implementación a corto, mediano y largo plazo. Adicional al suministro de energía, resulta fundamental proporcionar educación y formación en los temas relacionados con eficiencia energética, consumo racional de energía y cambios de comportamiento que ayuden a la disminución de la huella de carbono y la apropiación por parte de la población de la necesidad de estos cambios para que perduren de generación en generación.
  - Para el 2021 el sector terciario demandó 78 PJ, de los cuales 20 % correspondió a gas natural y 4 % a GLP (UPME, 2021a). Con respecto a estos consumos de gas, los usos finales están relacionados con equipos de calor directo (estufas de cocción, hornos, y calentamiento con gas natural y GLP) y calor indirecto (principalmente calderas a gas natural). Las alternativas tecnológicas que contribuyen a la electrificación y descarbonización del sector terciario se relacionan con la hibridación de los procesos. Esto implica incluir dentro de las fuentes de

combustión opciones menos contaminantes como pellets o biomasa, además de mejorar en el proceso de implementación y uso de la caldera. Dentro de las tecnologías se encuentran hornos eléctricos, quemadores de bajos óxido nitroso (NOx) y calderas eléctricas de vapor. A nivel nacional se han desarrollado los distritos energéticos (ver documento de Potenciales energéticos subnacional, pag. 123) para a un reaprovechamiento de esfuerzos y energía en el sector terciario (Minenergía, 2024c).

- d. El sector industrial (sin incluir coquización y refinería) demanda aproximadamente el 22 % del consumo final de energía del país, unos 306 PJ (UPME, 2021a). De este consumo, aproximadamente 54 % corresponde a energéticos de origen fósil (petróleo y sus derivados, gas natural y carbón). En cuanto a los usos en de la industria colombiana para los que se destina el consumo final de la energía, se puede constatar que el calor directo y el indirecto corresponden aproximadamente al 64 % de los usos finales. Los energéticos más usados en la industria son el bagazo (22,45 %), el carbón térmico (22,4 %), y la energía eléctrica (22,2 %) y el gas natural (17,81 %). La TEJ, para lograr los objetivos de neutralidad del sector residencial en términos climáticos, propone tres ejes fundamentales: eficiencia energética, electrificación industrial y uso de fuentes de energía con bajas emisiones de carbono (LCFFES, por sus siglas en inglés).

3. **La gestión de la demanda permite modelos donde se priorice la vida digna de las personas fomentando la salud humana y territorial.** El aumento de las emisiones contaminantes en la atmósfera, principalmente debido al crecimiento del parque automotor y a una mayor actividad industrial, ha causado un deterioro progresivo de la calidad del aire. Según el estudio Valoración económica de la degradación ambiental en Colombia 2015, la mala calidad del aire en el país es responsable de más de 8.000 muertes anuales, con costos asociados que ascienden a aproximadamente 12,2 billones de pesos, lo que equivale al 1,5% del Producto Interno Bruto (PIB) de 2015 (DNP, 2018). La sustitución de vehículos de combustión interna por modelos basados en electromovilidad, movilidad activa y multimodal, así como la transición a fuentes no convencionales de energía renovable (FNCER) en la industria, generan mejoras automáticas en la calidad del aire. Además, se ha identificado como problemática la afectación a la salud humana derivada del uso de leña para la cocción de alimentos. De acuerdo con la Encuesta de Calidad de Vida (ECV) 2021, en Colombia aproximadamente 5.317.525 personas, distribuidas en 1.690.757 hogares, utilizan leña y otros combustibles ineficientes y altamente contaminantes para cocinar. De estos hogares, el 91,51% se encuentran en

zonas rurales, como centros poblados, inspecciones de policía, corregimientos o áreas rurales dispersas, mientras que solo el 8,49% están ubicados en cabeceras o zonas urbanas. Para avanzar hacia una cocción limpia, es necesario tener en cuenta aspectos socioculturales, demográficos, económicos y tecnológicos.

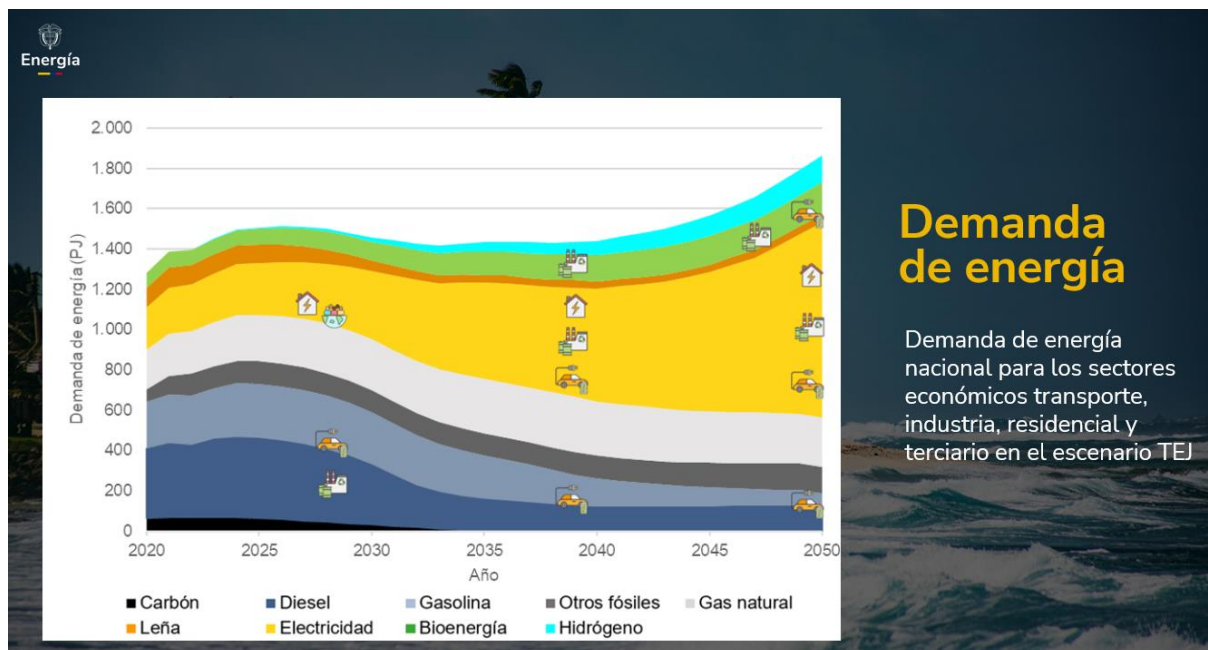


Figura 26. Escenarios de Transición Energética Justa en la demanda de energía nacional para los sectores económicos de transporte, industria, residencial y terciario.

Las líneas de acción asociadas a la gestión de la demanda se enfocan en cada uno de los sectores con demanda de energéticos en el país. A continuación, se referencia cada sector - transporte, industria, residencia y terciario - con sus respectivos escenarios, acciones y metas.

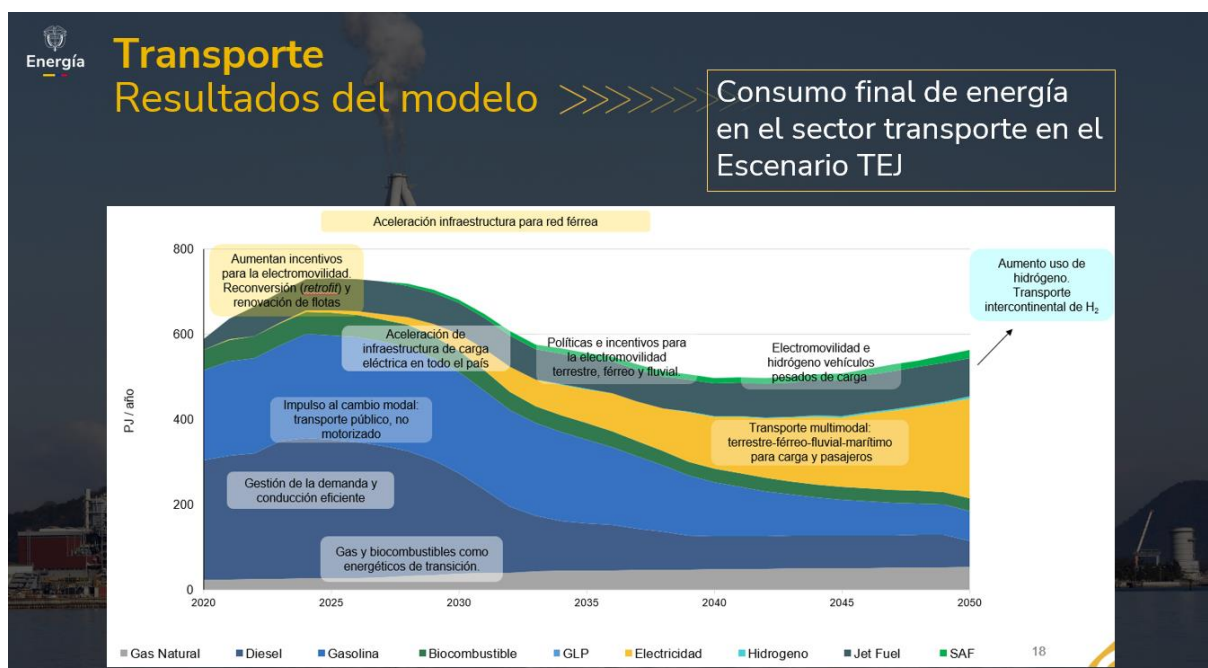


Figura 27. Escenario de Transición Energética Justa en la demanda del sector transporte



Figura 28. Acciones del sector transporte para la Transición Energética Justa

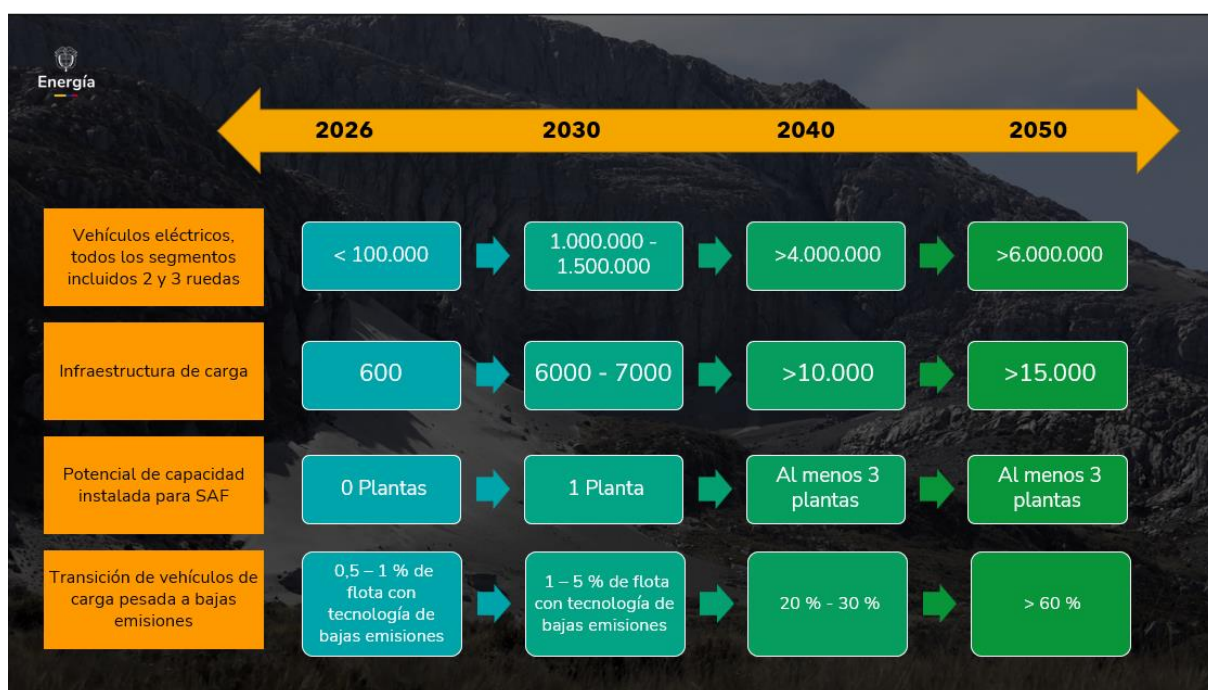


Figura 29. Resultados del modelo de Transición Energética Justa en el sector de la demanda de transporte



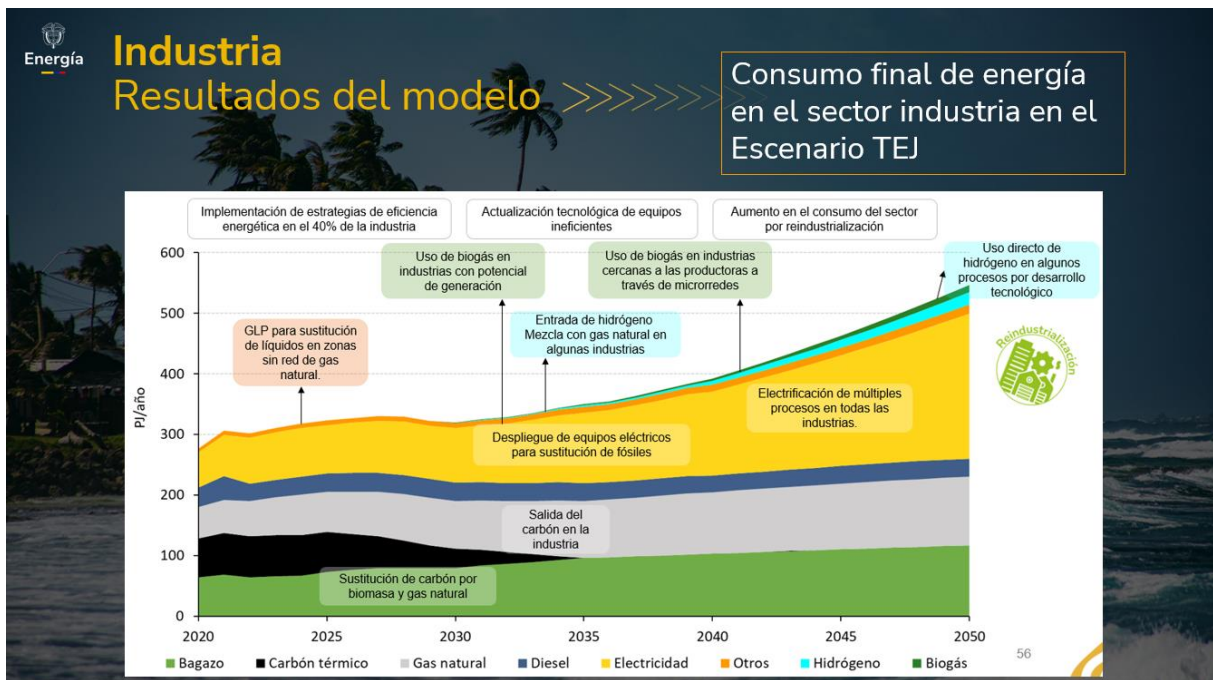


Figura 30. Escenario de Transición Energética Justa en el sector de demanda de la industria.



Figura 31. Líneas estratégicas y acciones planteadas para la Transición Energética Justa del sector de demanda de la industria.

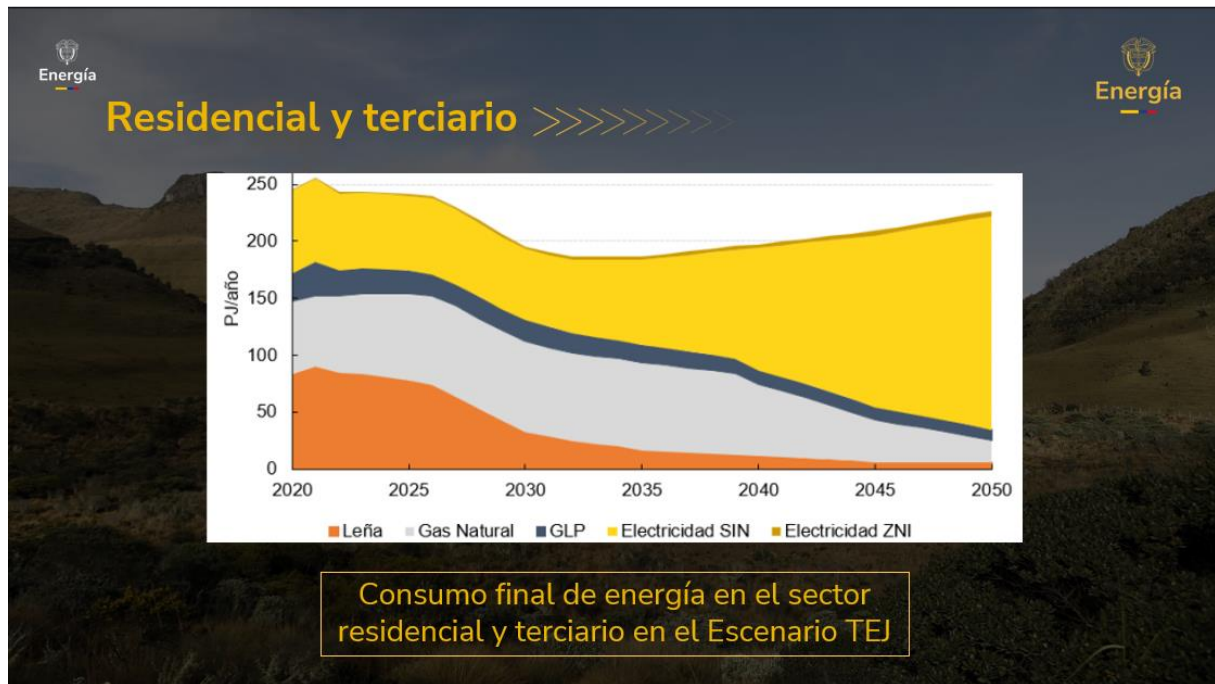


Figura 32. Escenario de Transición Energética Justa en el sector de demanda de residencial y terciario.

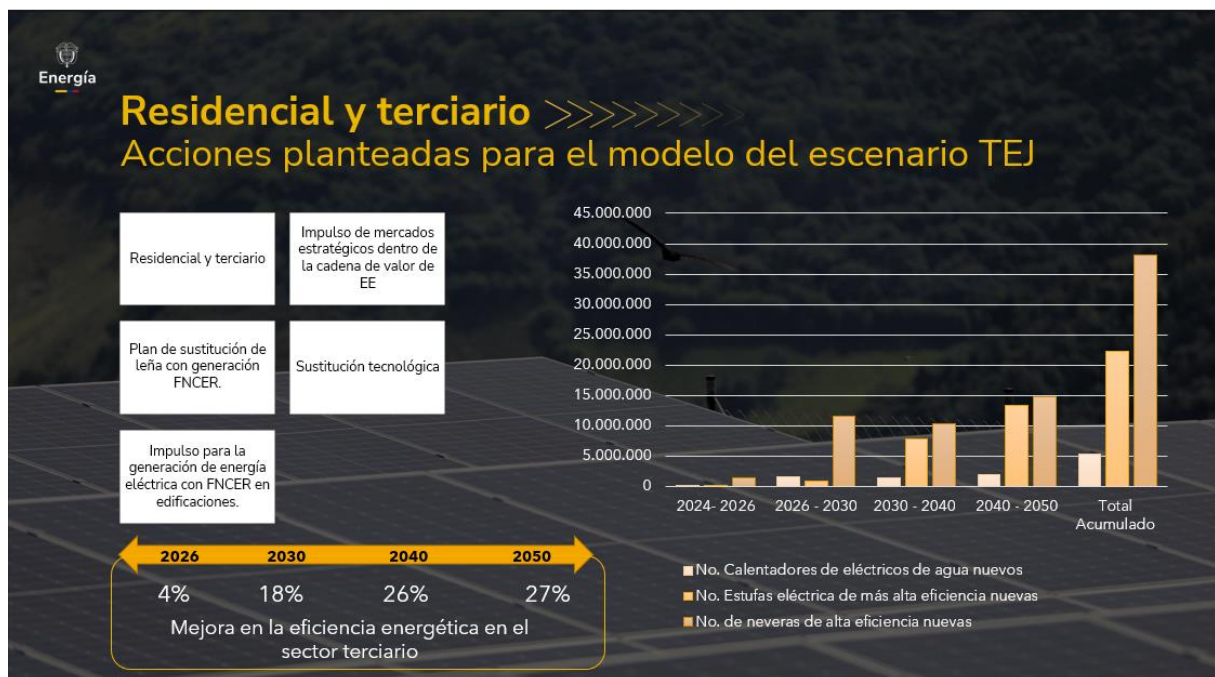


Figura 33. Acciones y metas para la Transición Energética Justa en el sector de demanda de residencial y terciario.

## 4 INVERSIONES REQUERIDAS PARA LA TRANSICIÓN ENERGÉTICA JUSTA

Para proyectar las inversiones requeridas para la Transición Energética Justa se realizó un análisis financiero de acuerdo con los escenarios planteados en el documento de escenarios de transición energética justa que contempla tres diferentes posibilidades: (i) Escenario Business as Usual (BAU); (ii) Escenario Políticas Anunciadas (POL); Escenario de Transición Energética Justa (TEJ). Así, se realizó un documento de análisis que muestra los caminos a seguir en términos de inversión de acuerdo con los mercados en Colombia y los escenarios futuros de generación y consumo energético (ver documento Escenarios Nacionales (2024b)). A continuación, se mencionan las principales conclusiones.

### Resultados Clave:

1. En términos de las inversiones para oferta y demanda, se observa que el escenario BAU requiere entre el 6,8% y el 8,5% del PIB. Mientras que POL oscila entre el 7,3% y el 9,2% del PIB. Por su parte, con un crecimiento económico del 3%, el escenario TEJ3% gravita entre el 7,5% y 10,3% del PIB.
2. En consecuencia, la diferencia entre TEJ y BAU está entre 0,5% y 1,8% del PIB. Diferencia que genera al menos 20 GW adicionales de energía.
3. Entre TEJ y POL la diferencia oscila entre el 0,2% y el 1,1% del PIB.
4. En términos de las inversiones para oferta y demanda, se observa que el escenario BAU en requiere entre el 6,8% y el 8,5% del PIB.
5. El sector transporte es el más representativo en el total de las inversiones necesarias en el escenario tendencial. Le sigue el sector residencial, y la oferta de electricidad. *Estos tres sectores ya equivalen a más del 74% del costo ampliado total.* Estos resultados coinciden con análisis previos realizados por Centro Regional de Estudios de Energía (CREE y ENEL, 2023) y el Plan de Acción Inmediata para la Reactivación y Transformación del Uso Racional de Energía (PAI-PROURE) formulado por la (Minenergía, 2022), se evidencia así la validez de los resultados presentados.
6. El costo de los energéticos es el más importante dentro del costo ampliado, mostrando la necesidad de mejores eficiencias para reducir el consumo de fuentes energéticas.
7. La mayor parte de las inversiones provendrán de las Empresas privadas. Los hogares por su parte invertirán en el sector residencial y transporte. Finalmente, el gobierno haría algunas inversiones puntuales y estratégicas en los demás sectores.



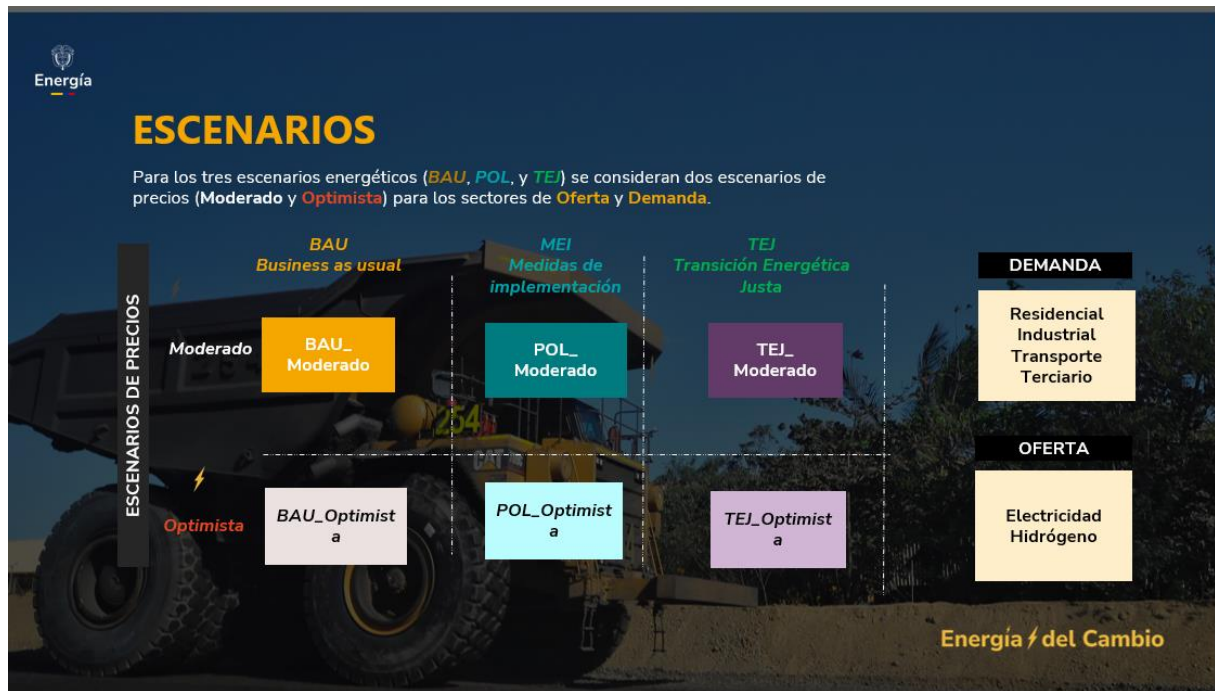


Figura 34. Metodología para la estimación de inversión de acuerdo a los escenarios energéticos.



Figura 35. Metodología (2) para la estimación de inversión de acuerdo a los escenarios energéticos.



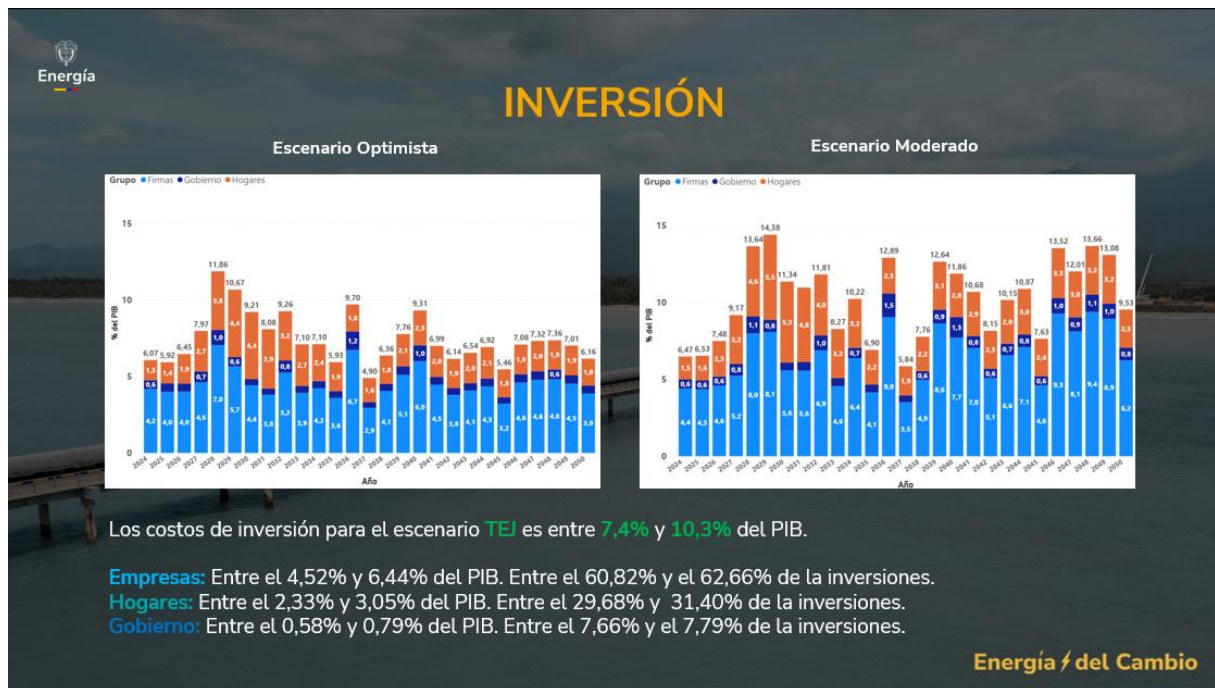


Figura 36. Resultados de inversión en escenario de Transición Energética Justa

## 4.1 PRINCIPALES IMPACTOS

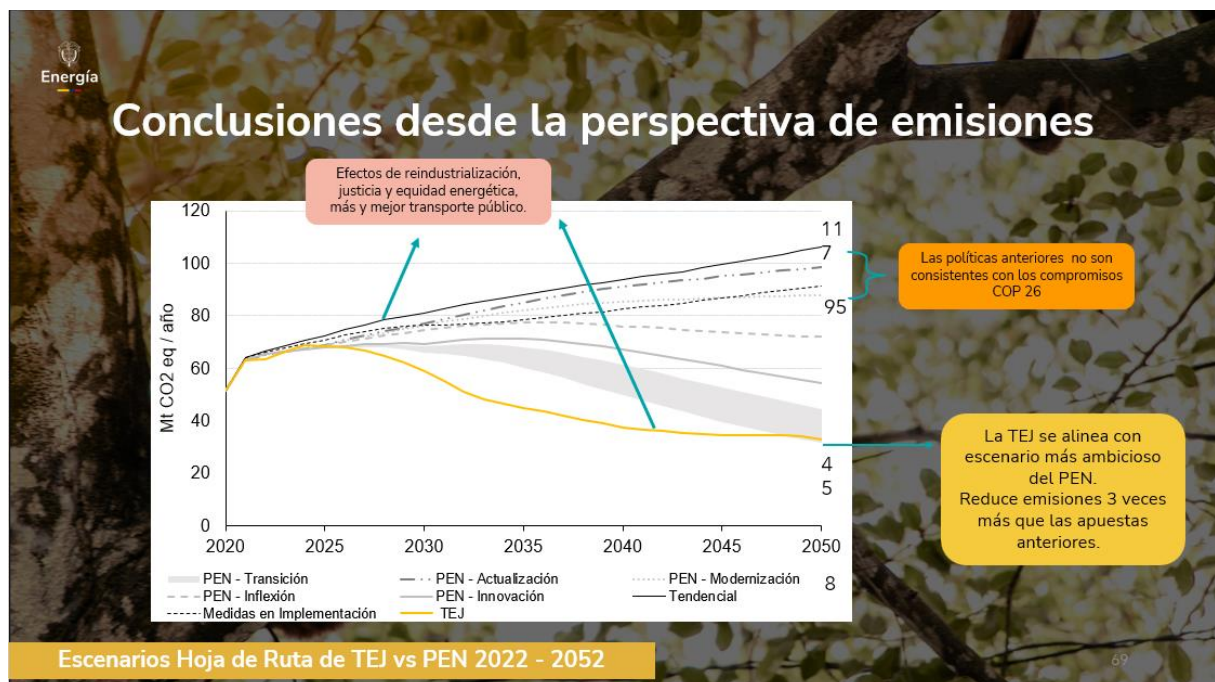


Figura 37. Reducción de emisiones en escenario de Transición Energética Justa

## Empleos >>>>>>>>>>

La apuesta de materializar el escenario TEJ podrá generar miles de empleos verdes en el sector energético. Es esencial que empresas, sindicatos y gobierno, prioricen capitalizar esta oportunidad.

A esto debe añadirse el empleo que se puede generar en nuevos sectores asociados a la la reindustrialización que pueda apalacarse con la producción nacional de bienes y servicios ligados a la sustitución de equipos y de energéticos.

Las estrategias deben enfocarse en mitigar los impactos negativos sobre el empleo de los sectores fáciles y facilitar las avenidas de tránsito a los sectores en auge, aprovechando estas transformaciones para crear oportunidades laborales y productivas.

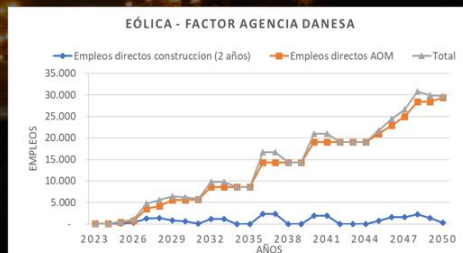
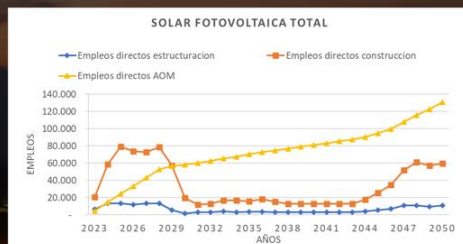
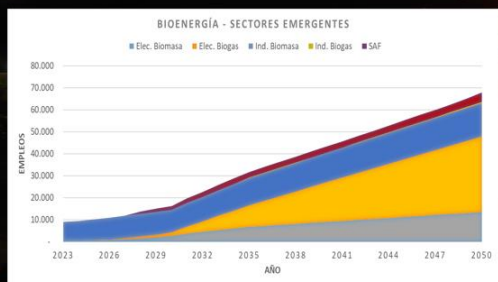


Figura 38. Perspectiva de generación de empleo en los escenarios de Transición Energética Justa

## 5 CONCLUSIONES

---

A lo largo del documento se han presentado los ejes fundamentales para el proceso de Transición Energética Justa. Las acciones aquí planteadas para los hidrocarburos, la minería de carbón, la extracción de otros minerales, la energía eléctrica, los nuevos energéticos y la gestión de la demanda, se han basado en cuatro ejes fundamentales que son indispensables para que el proceso de transición no solo tenga su foco en el cambio tecnológico, la reducción de emisiones y el cumplimiento de las metas internacionales, sino que sea un proceso que no deje a nadie atrás, contribuya a la superación del modelo extractivista y sea el nuevo eje de desarrollo para el país. Por lo tanto, la Hoja de Ruta de Transición Energética Justa busca:

1. La reindustrialización y diversificación productiva para la soberanía nacional.
2. La acción climática y descarbonización para territorios sustentables.
3. La democratización energética.
4. Apoyar el proceso de paz total y territorial con participación diferencial y enfoque de derechos humanos.

Como se ha mostrado, el proceso de Transición Energética Justa requiere atención en múltiples dimensiones, y no se reduce solamente a un cambio tecnológico. De esta forma, en los seis documentos previamente publicados el Ministerio de Minas y Energía ha realizado un robusto análisis de las distintas dimensiones que se requieren durante este proceso de cambio. Este documento resume y compila los aspectos claves en este proceso. A continuación, se presentan 12 conclusiones generales que buscan enmarcar todo lo que requiere un proceso de Transición Energética Justa que equilibre la necesidad de implementar medidas urgentes contra el cambio climático, el cierre brechas históricas de inequidad social y energética y que, sea gradual, segura y confiable tanto financiera como energéticamente para el país.

Instalar más de 70 GW de FNCER entre 2024 y 2050 (hasta 4 GW/año), con la debida expansión del sistema de transmisión, será crucial para el abastecimiento energético, la adaptación y mitigación al cambio climático, y la generación de empleo. La seguridad energética es la base de todas las medidas de la TEJ.

En el despliegue de FNCER, es esencial acelerar la apropiación popular de los activos energéticos, mediante Comunidades Energéticas, Municipios/Territorios Energéticos y otros esquemas distribuidos y democratizadores.

## TEJ

Los nuevos energéticos permitirán que los sectores de difícil descarbonización puedan robustecerse, sin renunciar a la ambición climática, haciendo a Colombia más competitiva a nivel internacional.

Una economía que esté poniendo en operación millones de dispositivos de consumo final eficientes (vehículos, estufas, neveras, etc.) hechos en Colombia cada año será garantía de dinamismo, generación de empleo y diversificación económica.

Prepararse para los escenarios más complejos en el entorno externo de los hidrocarburos y el carbón, fortalecerá a Colombia, permitiendo aprovechar los escenarios más favorables. En todo momento se respetarán los contratos vigentes.

Convertir los recursos contingentes de gas y petróleo en reservas, permitirá prolongar la autosuficiencia energética del país, sin tener que recurrir a técnicas riesgosas como el fracking.

## TEJ

Las inversiones en eficiencia energética y la modernización de equipos permitirán reducir la demanda de gas y combustibles líquidos, facilitando la soberanía energética.

La mayoría de las inversiones requeridas para materializar las metas de TEJ, pueden acelerarse con los habilitantes de ley existentes y en curso. Es crucial aprovechar la favorabilidad internacional respecto a financiarlas.



La Transición Justa de Fuerza Laboral es posible mediante programas de reconversión laboral, educación, formación y apoyo a nuevas actividades.

La TEJ implica la mayor oportunidad de reindustrialización y modernización del aparato productivo en una generación. Apostarle a la TEJ, puede poner a Colombia en el mapa internacional de suministro de tecnologías del futuro.

## TEJ

Un replanteamiento del modelo de relacionamiento territorial que conlleve una mejor distribución de medios de producción generará un mejor balance entre cargas y beneficios del sector minero-energético.

La construcción de un sistema minero-energético hecho alrededor de la ciudadanía, el cuidado de los territorios y la justicia social, energética y ambiental es el principal habilitante de la TEJ.

## 6 BIBLIOGRAFÍA

---

- ANM, y UPME. (2024). *Boletín estadístico: Minería en cifras. Datos económicos, precios, contexto y normatividad*. [https://www1.upme.gov.co/simco/Cifras-Sectoriales/BoletinMinerales/Boletin\\_10\\_mineria\\_en\\_cifras\\_octubre\\_2024.pdf](https://www1.upme.gov.co/simco/Cifras-Sectoriales/BoletinMinerales/Boletin_10_mineria_en_cifras_octubre_2024.pdf)
- Arroyo, A., y Cossío Muñoz, F. (2015). *Impacto fiscal de la volatilidad del precio del petróleo en América Latina y el Caribe: Estudio sobre las causas y las consecuencias de la caída de los precios del petróleo y análisis de opciones de política para encaminar sus impactos*. <https://repositorio.cepal.org/handle/11362/39706>
- Barney, J. (2023). *Por el mar y la tierra vuela el viento Guajiros Wayuu: En alerta la Püloui y Waneetu'unai, por el asedio de las multinacionales eólicas en territorios Wayuu*. Indepaz. <https://indepaz.org.co/por-el-mar-y-la-tierra-guajiros-vuela-el-viento-wayuu/>
- Bértola, L., y Ocampo, J. A. (2010). *Desarrollo, vaivenes y desigualdad. Una historia económica de América Latina desde la independencia—Red de Desarrollo Social de América Latina y el Caribe*. <https://dds.cepal.org/redesoc/publicacion?id=2161>
- BP. (2023). *Bp Energy Outlook 2023 Edition*. British Petroleum. <https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/energy-outlook/bp-energy-outlook-2023.pdf>
- Cai, W., Borlace, S., Lengaigne, M., van Rensch, P., Collins, M., Vecchi, G., Timmermann, A., Santos, A., McPhaden, M. J., Wu, L., England, M. H., Wang, G., Guilyardi, E., y Jin, F.-F. (2014). Increasing frequency of extreme El Niño events due to greenhouse warming. *Nature Climate Change*, 4(2), 111-116. <https://doi.org/10.1038/nclimate2100>
- Cai, W., Wang, G., Santos, A., McPhaden, M. J., Wu, L., Jin, F.-F., Timmermann, A., Collins, M., Vecchi, G., Lengaigne, M., England, M. H., Dommenget, D., Takahashi, K., y Guilyardi, E. (2015). Increased frequency of extreme La Niña events under greenhouse warming. *Nature Climate Change*, 5(2), 132-137. <https://doi.org/10.1038/nclimate2492>
- CREE y ENEL. (2023). *Estudio para la Hoja de Ruta de la Transición Energética Colombia 2050* (pp. 1-67). Centro Regional de Estudios de Energía.
- DNP. (2018). *Valoración económica de la degradación ambiental en Colombia 2015. Contaminación del aire urbano, contaminación del aire interior y deficiencias en el acceso al acueducto y el alcantarillado*. <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Prensa/Valoraci%C3%B3n%20econ%C3%B3mica%20de%20la%20degradaci%C3%B3n%20ambiental.pdf>
- Dyner, I., Pao-Yu, O., Yanguas Parra, P., Corral Montoya, F., Zapata Ramírez, S., Castaneda, M., Ángel, E., Ávila, R., Gómez, D., Ruiz, L., Ellis, D., y Cortés, J. D. (2022). *Hoja de ruta electricidad 100% renovable en Colombia a 2030*. Universidad Jorge Tadeo Lozano.
- EJOLT. (2023). *EJAtlas | Mapping Environmental Justice*. Environmental Justice Atlas. <https://ejatlas.org/>
- FENALCARBÓN (Director). (2023, febrero 15). *Balance 2022 y Proyecciones 2023 de la industria del carbón y el coque* [Video recording]. <https://www.youtube.com/watch?v=KOWZHo-XyKA>
- Foro-Región Central. (2023). *Propuestas para mejorar las relaciones nación – territorio en la gestión de los recursos naturales no renovables*.

Global Energy Monitor. (2024). Global Coal Plant Tracker. *Global Energy Monitor*.  
<https://globalenergymonitor.org/projects/global-coal-plant-tracker/>

Gómez Sabaini, J. C., Jiménez, J. P., y Morán, D. (2015). *El impacto fiscal de la explotación de los recursos naturales no renovables en los países de América Latina y el Caribe*.  
<https://repositorio.cepal.org/handle/11362/38235>

Gudynas, E. (2015). *Extractivismos: Ecología, economía y política de un modo de entender el desarrollo y la naturaleza* (Primera edición). CEDIB, Centro de Documentación e Información Bolivia.

Huxham, y Anwar. (2023). *WTW report underlines urgency of whole-economy low carbon transition planning in Colombia*. <https://www.wtwco.com/en-il/news/2023/08/wtw-report-underlines-urgency-of-whole-economy-low-carbon-transition-planning-in-colombia>

IEA. (2022). *World Energy Outlook 2022*. International Energy Agency.

IEA. (2023a). *Coal 2023—Analysis and forecast to 2026*.  
[https://iea.blob.core.windows.net/assets/a72a7ffa-c5f2-4ed8-a2bf-eb035931d95c/Coal\\_2023.pdf](https://iea.blob.core.windows.net/assets/a72a7ffa-c5f2-4ed8-a2bf-eb035931d95c/Coal_2023.pdf)

IEA. (2023b, octubre 24). *World Energy Outlook 2023 – Analysis*. IEA.  
<https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2023>

Investing.com. (2023, julio 12). *Rotterdam Coal Futures Historical Prices*. Investing.Com.  
<https://www.investing.com/commodities/rotterdam-coal-futures-historical-data>

IPSE. (2023). *Caracterización Energética de las ZNI – IPSE-CNM*.  
<https://ipse.gov.co/cnm/caracterizacion-de-las-zni/>

IRENA. (2018). *Evaluación de la flexibilidad del sistema eléctrico de Colombia CASO DE ESTUDIO DE LA HERRAMIENTA FLEXTOL DE IRENA* [Caso de estudio]. International Renewable Energy Agency.  
<https://ser-colombia.org/wp-content/uploads/2020/09/Evaluaci%C3%B3n-de-la-flexibilidad-del-sistema-el%C3%A9ctrico-de-Colombia.pdf>

IRENA. (2023, marzo 25). *Renewable Energy Technologies*. International Renewable Energy Agency.  
<https://www.irena.org/Data/View-data-by-topic/Capacity-and-Generation/Technologies>

IRENA y IGA. (2023). *Global Geothermal Market And Technology Assessment*. International Renewable Energy Agency; International Geothermal Association. <https://shorturl.at/xCN25>

Liebreich, M. (2022, diciembre 12). *The Unbearable Lightness of Hydrogen* [Bloomberg New Energy Finance]. <https://about.bnef.com/blog/liebreich-the-unbearable-lightness-of-hydrogen/>

Manley, D., y Heller, P. R. P. (2021). *Risky Bet: National Oil Companies in the Energy Transition*. NRGi.  
<https://resourcegovernance.org/sites/default/files/documents/risky-bet-national-oil-companies-in-the-energy-transition.pdf>

Martínez Ortiz, A., y Aguilar, T. (2013). *Estudio sobre los impactos socio-económicos del sector minero en Colombia: Encadenamientos sectoriales*.  
[https://www.repository.fedesarrollo.org.co/bitstream/handle/11445/370/Report\\_Mayo\\_2013\\_Martinez\\_y\\_Aguilar.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://www.repository.fedesarrollo.org.co/bitstream/handle/11445/370/Report_Mayo_2013_Martinez_y_Aguilar.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Martínez, V., y Castillo, O. L. (2019). Colombian energy planning—Neither for energy, nor for Colombia. *Energy Policy*, 129, 1132-1142. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2019.03.025>

Minenergía. (2021). *Hoja de ruta del hidrogeno en Colombia*. Ministerio de Minas y Energía.  
<https://www.minenergia.gov.co/es/micrositios/enlace-ruta-hidrogeno/>

Minenergía. (2022). *Plan de acción indicativo PROURE: Programa de uso racional y eficiente de la energía*.

[https://www1.upme.gov.co/DemandayEficiencia/Documents/PROURE/Documento\\_PROURE\\_2022-2030\\_v4.pdf](https://www1.upme.gov.co/DemandayEficiencia/Documents/PROURE/Documento_PROURE_2022-2030_v4.pdf)

Minenergía. (2024a). *Diagnóstico Base para la Transición Energética Justa*.

[https://www.minenergia.gov.co/documents/12591/DIAGN%C3%93STICO\\_BASE\\_PARA\\_LA\\_TRANSICI%C3%93N\\_ENERG%C3%89TICA\\_JUSTA\\_-\\_2024.pdf](https://www.minenergia.gov.co/documents/12591/DIAGN%C3%93STICO_BASE_PARA_LA_TRANSICI%C3%93N_ENERG%C3%89TICA_JUSTA_-_2024.pdf)

Minenergía. (2024b). *Escenarios nacionales Transición Energética Justa*.

<https://www.minenergia.gov.co/documents/12383/Escenarios-TEJ-2024.pdf>

Minenergía. (2024c). *Potencial energético subnacional y oportunidades de descarbonización en usos de energía final*. <https://www.minenergia.gov.co/documents/12382/Potenciales-TEJ-2024.pdf>

Minenergía. (2024d). *Sistematización diálogos nacionales*.

<https://www.minenergia.gov.co/documents/12384/Dialogos-TEJ-2024.pdf>

Minhacienda. (2018). *Marco Fiscal de Mediano Plazo 2018*. <https://tinyurl.com/y8h8a89n>

NRGI. (2023). *Análisis fiscal del carbón y el petróleo en Colombia (Forthcoming)*.

ONU. (2024). *The UN Secretary-General's Panel on Critical Energy Transition Minerals*. United Nations; United Nations. <https://www.un.org/en/climatechange/critical-minerals>

Planas, maria A., y Cardenas, J. (2019, marzo 26). La matriz energética de Colombia se renueva. *Energía para el Futuro*. <https://blogs.iadb.org/energia/es/la-matriz-energetica-de-colombia-se-renueva/>

Rodríguez-Fontalvo, D., Quiroga, E., Cantillo, N. M., Sánchez, N., Figueredo, M., y Cobo, M. (2023). Green hydrogen potential in tropical countries: The colombian case. *International Journal of Hydrogen Energy*, S0360319923014660. <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2023.03.320>

Rudas, G., y Espitia, L. (2013). *La paradoja de la minería y el desarrollo. Análisis departamental y municipal para el caso de Colombia. Minería En Colombia II: Institucionalidad y Territorio, Paradojas Y Conflicto*. <https://justiciaambientalcolombia.org/wp-content/uploads/2014/01/mineria-en-colombia-contraloria-vol-ii.pdf>

Saget, C., Vogt-Schilb, A., y Luu, T. (2020). *El empleo en un futuro de cero emisiones netas en América Latina y el Caribe*. <https://doi.org/10.18235/0002509>

The Economist. (2024). Oil's endgame will be in the Gulf. *The Economist*.

<https://www.economist.com/special-report/2024/03/11/oils-endgame-will-be-in-the-gulf>

Ulloa, A. (2021). Transformaciones radicales ambientales frente a la destrucción renovada y verde, La Guajira, Colombia. *Revista de Geografía Norte Grande*, 80, 13-34. <https://doi.org/10.4067/S0718-34022021000300013>

UPME. (2021a). *Beco Sankey Sectorial*. Tableau Software.

[https://public.tableau.com/views/BecoSankeySectorial/Dashboard1?:embed=y&:showVizHome=no&:host\\_url=https%3A%2F%2Fpublic.tableau.com%2F&:embed\\_code\\_version=3&:tabs=no&:toolbar=no&:animate\\_transition=yes&:display\\_static\\_image=no&:display\\_spinner=no&:display\\_overlay=yes&:display\\_count=yes&:loadOrderID=0](https://public.tableau.com/views/BecoSankeySectorial/Dashboard1?:embed=y&:showVizHome=no&:host_url=https%3A%2F%2Fpublic.tableau.com%2F&:embed_code_version=3&:tabs=no&:toolbar=no&:animate_transition=yes&:display_static_image=no&:display_spinner=no&:display_overlay=yes&:display_count=yes&:loadOrderID=0)

UPME. (2021b). *Plan De Expansión De Referencia Generación – Transmisión 2020 – 2034: Volumen 2. Generación (Planes de Expansión de Referencia Generación - Transmisión)*. Unidad de Planeación



Minero Energética.

[http://www.upme.gov.co/Docs/Plan\\_Expansion/2021/Volumen2\\_Generacion.pdf](http://www.upme.gov.co/Docs/Plan_Expansion/2021/Volumen2_Generacion.pdf)

UPME. (2021c). *Plan indicativo de abastecimiento de combustibles líquidos. Tema: Abastecimiento*. Unidad de Planeación Mineroenergética.

UPME. (2022). *Sistema de Información Minero Colombiano—SIMCO* [Software]. Unidad de Planeación Minero Energética. <https://www1.upme.gov.co/simco/Cifras-Sectoriales/Paginas/carbon.aspx>

UPME. (2023). *Informe Dinámico de Registro de Proyectos de Generación de Energía Eléctrica*. Sistema de Información Eléctrico Colombiano. <http://www.siel.gov.co/Inicio/Generaci%C3%B3n/Inscripci%C3%B3ndeProyectosdeGeneraci%C3%B3n/tabid/113/Default.aspx>

UPME, IREES, TEP, y Corpoema. (2019). Primer balance de Energía Útil para Colombia y Cuantificación de las Perdidas energéticas relacionadas y la brecha de eficiencia energética: Resumen Ejecutivo BEU Sector Residencial y Terciario. En *Unidad de Planeación Minero-Energética* (Vol. 1).

UPME y John T. Boyd. (2023). *Estrategias para maximizar el potencial minero en las regiones de Colombia y prepararse para la dinámica del mercado del carbón térmico a nivel global*. Unidad de Planeación Minero Energética.

Urrego. (2022). *La empresa minera, Cerro Matoso, aportará más regalías por alza de precios del níquel*. Diario La República. <https://www.larepublica.co/empresas/la-empresa-cerro-matoso-aportara-mas-regalias-por-alza-en-precios-del-niquel-3320810>

Valencia, L., y Riaño, A. (2017). *La minería en el Posconflicto: Un asunto de quilates* (1a edición). B, Grupo Zeta.

Vega-Araújo, J., y Heffron, R. J. (2022). Assessing elements of energy justice in Colombia: A case study on transmission infrastructure in La Guajira. *Energy Research & Social Science*, 91, 102688. <https://doi.org/10.1016/j.erss.2022.102688>

WEF. (2023). *WTO Chief Calls for Global Carbon Price, Reforms to Tariffs and Red Tape to Clean up Supply Chains*. World Economic Forum. <https://www.weforum.org/press/2023/01/wto-chief-calls-for-global-carbon-price-reforms-to-tariffs-and-red-tape-to-clean-up-supply-chains/>

Zapata, S., Castaneda, M., Herrera, M. M., y Dyner, I. (2023). Investigating the concurrence of transmission grid expansion and the dissemination of renewables. *Energy*, 276, 127571. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2023.127571>

Zerda Sarmiento, A. (2015). *La Economía De Colombia, Entre La Apertura Y El Extractivismo (Colombian Economy, between Openness and Extractivism)* (SSRN Scholarly Paper 2707252). <https://doi.org/10.2139/ssrn.2707252>