

Energía y energías renovables	Semana 7	14.12.2025
Proyecto energético - balance y prospectiva		
Integrantes del equipo: Lucia Mercado, Samuel Belliel, Renzzo Gonzalez, Mario Olmos		

## 1. Objetivo y contextualización del país asignado resaltando la matriz energética.

Colombia es una economía emergente con bajas emisiones globales (~0,3 %), pero con un rol estratégico regional debido a su abundancia de recursos renovables y un marco normativo sólido para la transición energética. Las Leyes 1715 de 2014, 2099 de 2021 y 2169 de 2021 definen incentivos y metas que incluyen la reducción del 51 % de GEI a 2030 y la carbono-neutralidad en 2050 (Congreso de Colombia, 2014, 2021a, 2021b).

La matriz de energía primaria continúa dominada por petróleo, gas natural y carbón, que representan cerca del 78 % de la oferta interna (Unidad de Planeación Minero-Energética [UPME], 2024). En contraste, la matriz eléctrica es una de las más limpias de la región, con 65–75 % de generación hidroeléctrica y una participación creciente de solar y eólica, aunque aún inferior a su potencial técnico (International Energy Agency [IEA], 2024; Stockholm Environment Institute [SEI], 2024). Este potencial renovable incluye irradiancias superiores a 5 kWh/m<sup>2</sup>/día, vientos de clase mundial en La Guajira (>12 m/s) y recursos significativos de biomasa y geotermia (International Renewable Energy Agency [IRENA], 2025).

Sin embargo, el aprovechamiento de estos recursos ha sido limitado por cuellos de botella en transmisión, demoras en licenciamiento y conflictos socioambientales. En La Guajira, empresas han desistido de proyectos por oposición comunitaria y rezagos en infraestructura eléctrica (AP News, 2024; Reuters, 2025). En conjunto, Colombia presenta una matriz eléctrica altamente renovable pero una matriz primaria intensiva en fósiles, generando una dualidad que condiciona la transición energética.

## 2. Problemas y barreras resaltando el balance y prospectiva de la transición energética.

### Balance actual de la transición energética

Colombia cuenta con un marco robusto de planificación —incluidos los PIGCC, PROURE 2022–2030, el Plan Energético Nacional 2024–2050 y la Hoja de Ruta para la Transición Energética Justa— que orienta la diversificación de la matriz, la eficiencia energética y la electrificación (Ministerio de Minas y Energía, 2025). Los avances más notorios se concentran en la matriz eléctrica: entre 2022 y 2024 la participación de solar y eólica aumentó de 1,5 % a cerca del 9 % gracias a proyectos solares a gran escala y a la autogeneración (SEI, 2024). SER Colombia (2024) reporta que entre 2023 y 2024 entraron en operación casi 3,5 GW solares.

### Problemas estructurales de la matriz energética

A pesar de estos logros, la matriz primaria sigue siendo altamente fósil (UPME, 2024), y los sectores de transporte, industria y calor de proceso concentran la mayor demanda energética (Ministerio de Minas y Energía, 2025). Fedesarrollo advierte que el país debe aumentar su consumo energético per cápita mientras avanza en descarbonización, generando tensiones entre competitividad y metas climáticas (Benavides, Cabrales & Delgado, 2022).

La alta hidrodependencia —67 % de capacidad instalada en 2023— incrementa la vulnerabilidad ante eventos climáticos: la baja hidrología 2023–2024 elevó la generación térmica y los costos (Findeter, 2024). Reducir esta

exposición requiere mayor participación de FNCER, almacenamiento y gas natural de respaldo con control de fugas de metano.

### **Barreras regulatorias, sociales y socioambientales**

Aproximadamente el 65 % de los proyectos renovables 2023–2024 presentan retrasos en licencias, trámites y consulta previa, afectando también la expansión de transmisión, especialmente en líneas críticas como Colectora–Cuestecitas (Valora Analitik, 2024; Portafolio, 2024).

Los conflictos con comunidades (como en La Guajira) obedecen a percepciones de beneficios inequitativos y fallas en la consulta previa, lo que ha paralizado proyectos estratégicos, incluido Windpeshi (Stockholm Environment Institute, 2023; Reuters, 2025). Además, los proyectos renovables suelen estar asociados con la mentalidad NIMBY y, como se mencionó en el caso de Windpeshi, Colombia también necesita superarla. Estudios del IISD advierten que, sin justicia territorial, la transición podría reproducir tensiones socioambientales (IISD, 2023).

Regiones energéticas clave enfrentan problemas de orden público, economías ilegales y baja capacidad estatal, factores que agravan riesgos y retrasos (Ministerio de Minas y Energía, 2025).

### **Barreras económicas, tecnológicas y financieras**

El alto costo de capital y el riesgo país encarecen la descarbonización, mientras la restricción fiscal limita subsidios e inversiones estratégicas. La Hoja de Ruta TEJ subraya la necesidad de gradualismo y credibilidad fiscal (Benavides et al., 2022; Ministerio de Minas y Energía, 2025). Pese al crecimiento del mercado eléctrico vehicular, persiste un rezago en cargadores y personal técnico capacitado; en 2025 existía un cargador público por cada 33 vehículos, y solo un 15 % de talleres contaba con formación especializada (El País, 2025). Adicionalmente, los costos de CAPEX representan una barrera económica y regulatoria cuando no existen incentivos adecuados que permitan la competitividad del transporte eléctrico frente a los combustibles fósiles (Bonzi Teixeira et al., 2022).

Finalmente, las debilidades en datos y planeación afectan la coherencia entre la planificación energética y el ordenamiento territorial (Ministerio de Minas y Energía, 2025). Estas debilidades evidencian la insuficiencia de infraestructura y de facilidades operativas, lo que refuerza las barreras tecnológicas existentes.

### **Prospectiva de la transición energética (2025–2045)**

Las proyecciones muestran que, si se desbloquea el portafolio actual, podrían entrar 13,5 GW solares y 2,8 GW eólicos en los próximos años (SEI, 2025), reduciendo dependencia térmica y fortaleciendo resiliencia. Si las barreras persisten, aumentaría la generación térmica en periodos secos, se encarecería el capital y se elevaría el riesgo de incumplir las metas de –51 % a 2030 y carbono-neutralidad a 2050.

### **3. Oportunidades de transición energética y propuestas innovadoras de mejora a la matriz energética, deben generar valor y ser aplicadas al país asignado.**

Colombia no parte de cero: tiene una matriz eléctrica mayoritariamente renovable, pero todavía una matriz de energía primaria intensiva en combustibles fósiles y muy dependiente de la hidroelectricidad. Esa situación abre un conjunto de oportunidades de transición que, si se diseñan bien, pueden generar valor económico, social y ambiental y ser plenamente aplicables al contexto colombiano.

### **Diversificación renovable y almacenamiento: aprovechar la ventaja hidroeléctrica**

Colombia obtiene cerca del 70 % de su electricidad de fuentes renovables, dominadas por la hidroelectricidad, mientras la solar y la eólica aún son minoritarias (IRENA, 2025). Esta alta concentración aumenta la vulnerabilidad a la variabilidad hidrológica, pero ofrece una base idónea para integrar renovables variables y

almacenamiento. El parque hidroeléctrico puede funcionar como columna vertebral flexible, sustituyendo progresivamente generación térmica mediante almacenamiento y expansión solar–eólica (IRENA, 2024, 2025).

El Programa Nacional de Bombeo Hidroeléctrico (PHS) permitiría almacenar excedentes renovables y aportar capacidad firme, reduciendo el uso de térmicas y estabilizando precios. Además, disminuiría riesgos de racionamiento, generaría nuevas cadenas de valor y alinearía la operación del sistema con la meta de carbono-neutralidad a 2050 (Congreso de Colombia, 2021).

Los parques híbridos hidro–solar–baterías en embalses existentes optimizan la infraestructura de conexión y aumentan el factor de planta sin ampliar la huella territorial, apoyados en la reducción de costos de solar y almacenamiento (IRENA, 2024, 2025).

### **Hidrógeno de bajas emisiones y eólica marina: nueva frontera industrial**

El marco regulatorio del hidrógeno (Ley 2099 de 2021 y Decreto 1597 de 2024) establece lineamientos y certificación para su desarrollo. Proyecciones indican que Colombia podría producir cerca de 9 Mt/año hacia 2050 mediante más de 120 GW renovables y biomasa, posicionándose como productor competitivo (Rodríguez-Fontalvo et al., 2024). La oportunidad estratégica es articular hubs de hidrógeno con generación eólica en tierra y mar, descarbonizando refino, petroquímica, fertilizantes y transporte pesado (Center on Global Energy Policy, 2023).

Los hubs Caribe–Andino, vinculados a refinerías y puertos, permiten reemplazar combustibles fósiles y crear exportaciones de amoníaco, metanol y e-combustibles, mientras impulsan empleo calificado y reconversión laboral, replicando experiencias como el proyecto de hidrógeno verde en Cartagena (Reuters, 2025).

Los complejos eólicos–marinos del Caribe, con un potencial estimado de 109 GW posibilitan producir hidrógeno y amoníaco verde, reduciendo dependencia térmica y generando ingresos y empleo; se estiman hasta USD 3.000 millones y 26.000 empleos hacia 2050 (ProColombia, 2025).

### **Renovables distribuidas, microredes y comunidades energéticas en ZNI**

Las Zonas No Interconectadas, con altos costos y dependencia del diésel, requieren cerca de USD 2.000 millones en renovables distribuidas (Davies & Saygin, 2023). Las microredes híbridas solar–baterías–diésel de respaldo permitirían reducir costos fiscales, mejorar continuidad del servicio y cerrar brechas de desarrollo rural.

El programa “ZNI Cero Diésel 2040” se sustentaría en licitaciones por desempeño y esquemas de financiación mixta, buscando asegurar operación y mantenimiento y reducir el costo de capital, en línea con la OCDE (Davies & Saygin, 2023).

Las comunidades energéticas en regiones priorizadas fortalecen la justicia territorial mediante modelos de propiedad compartida, participación accionaria local y reparto transparente de beneficios, reduciendo conflictividad y fortaleciendo legitimidad (Mohr et al., 2023; Pérez-Rincón, 2024).

Dada su matriz limpia, Colombia puede usar electricidad renovable para sustituir combustibles fósiles en transporte y usos térmicos industriales, acelerando la transformación energética (IRENA, 2025).



## Referencias

- AP News. (2024). *Wind projects in La Guajira face setbacks due to social and environmental conflicts*.
- Benavides, J., Cabrales, S., & Delgado, M. E. (2022). *Transición energética en Colombia: Política, costo de la carbono-neutralidad acelerada y papel del gas natural*. Fedesarrollo.
- Bonzi Teixeira, A. C., Benavides, J., Rastelletti, A. G., Urrea Rios, I. L., & Madrigal, M. (2022). *A framework for the fiscal impact of electromobility* (Documento de discusión del BID n.º IDB-DP-930). Banco Interamericano de Desarrollo.
- Center on Global Energy Policy. (2023). *Transitioning Colombia's fossil fuel workforce to green jobs*. Columbia University – SIPA.
- Congreso de Colombia. (2014). *Ley 1715 de 2014 por medio de la cual se regula la integración de las energías renovables no convencionales al sistema energético nacional*. Diario Oficial.
- Congreso de Colombia. (2021a). *Ley 2099 de 2021, por medio de la cual se dictan disposiciones para la transición energética*. Diario Oficial.
- Congreso de Colombia. (2021b). *Ley 2169 de 2021, por la cual se adoptan metas de mitigación de gases de efecto invernadero*. Diario Oficial.
- Davies, L., & Saygin, D. (2023). *Distributed renewable energy in Colombia: Unlocking private investment for non-interconnected zones* (OECD Environment Working Papers, 213). Organisation for Economic Co-operation and Development.
- Departamento Administrativo de la Función Pública. (2024, 27 de diciembre). *Decreto 1597 de 2024, por el cual se adiciona el Decreto 1073 de 2015, con el fin de establecer lineamientos de política pública para la gestión y promoción del hidrógeno de bajas emisiones y/o sus derivados*. Gestor Normativo de Función Pública.
- El País. (2025). *Infraestructura de carga y brechas técnicas para la movilidad eléctrica en Colombia*.
- Findeter. (2024). *Panorama energético colombiano 2023–2024*.
- International Energy Agency. (2024). *Colombia – Countries and regions: Energy mix & electricity*. IEA.
- International Energy Agency. (2025). *An energy sector roadmap to net zero emissions in Colombia*. IEA.
- International Institute for Sustainable Development. (2023). *Transición energética justa y conflictos territoriales en Colombia*. IISD.
- International Renewable Energy Agency. (2024). *Renewable power generation costs in 2023*. IRENA.
- International Renewable Energy Agency. (2025). *Country profile: Colombia – Renewable energy statistics*. IRENA.
- Ministerio de Minas y Energía. (2025). *Hoja de Ruta para la Transición Energética Justa*. MinEnergía.
- Mohr, K., et al. (2023). *Transición Energética Justa en Colombia: Status quo, retos y oportunidades*. Wuppertal Institut – JET Knowledge.
- Pérez-Rincón, M. (2024). *Transición energética con justicia ambiental en Colombia: Retos y posibilidades desde la economía ecológica y la ecología política*. Revista de Economía Ecológica.
- Portafolio. (2024). *Retrasos en la línea Colectora–Cuestecitas*.
- ProColombia. (2025, 13 de junio). *An ocean of opportunities: Colombia embraces offshore wind energy*. Invest in Colombia.
- Reuters. (2025). *Colombiana Ecopetrol compra a Enel proyecto de energía eólica Windpeshi por 50 millones de dólares*.
- Reuters. (2025). *Ecopetrol advances green hydrogen at Cartagena refinery*.

- Rodríguez-Fontalvo, D., et al. (2024). *Green hydrogen potential in tropical countries*. *International Journal of Hydrogen Energy*.
- SER Colombia. (2024). *Boletín Renovables 2024: Crecimiento de FNCER*.
- Stockholm Environment Institute. (2023). *Social acceptance of wind projects in La Guajira*.
- Stockholm Environment Institute. (2024). *Solar and wind growth dynamics in Colombia*.
- Stockholm Environment Institute. (2025). *Solar, wind and energy communities in Colombia*.
- Unidad de Planeación Minero Energética. (2024). *Balance Energético Colombiano 2023–2024*. UPME.
- Valora Analitik. (2024). *Retrasos en proyectos FNCER en Colombia*.